

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Енергоощадна система електропостачання котеджного містечка
на основі сонячних панелей**

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи ЕЕМ-61
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Пліс Я. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Бабюк С. М.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Вакуленко О. О.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____
(підпис) Тарасенко М. Г.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 30 » вересня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Плісу Ярославу Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Енергоощадна система електропостачання котеджного містечка
 на основі сонячних панелей

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » вересня 2021 року № 4/7-807

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) План території із зовнішніми електричними мережами,
 проектна потужність, характеристики споживачів електричної енергії.

Технічні характеристики сонячних панелей та інших електричних елементів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль	Вакуленко О.О., старший викладач		

7. Дата видачі
завдання

30 вересня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	10.09.2021	
2	Аналітичний розділ	20.10.2021	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	15.11.2021	
4	Проектно-конструкторський розділ	01.12.2021	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.2021	
6	Висновки	10.12.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	20.12.2021	
8	Оформлення графічної частини	20.12.2021	

Студент

_____ (підпис)

Пліс Я. В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабюк С. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пліс Ярослав Васильович. Енергоощадна система електропостачання котеджного містечка на основі сонячних панелей. Група ЕЕм-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021.

Стор.– 77; рис. - 16; табл. - 30; креслень - 6; джерел - 22; додатків - .

У кваліфікаційній роботі магістра здійснено розробку та впровадження надійної та енергоощадної системи електропостачання котеджного містечка з використанням сонячних панелей..

Запропоновано модернізацію сонячної станції із застосуванням сонячного трекера на базі Arduino Mega 2560, та автоматизованого очищувача на базі Raspberry Pi 3 Model B+. Проведено розрахунок електричних навантажень та вибір комутаційно-захисної апаратури. Техніко-економічний розрахунок задовільняє терміни окупності проекту.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, СОНЯЧНА СТАНЦІЯ, ІНВЕРТОР, ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ, СОНЯЧНИЙ ТРЕКЕР, ARDUINO, RASPBERRY PI.

ЗМІСТ

ВСТУП	<u>6</u>
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	<u>9</u>
1.1 Аналіз вхідних даних	<u>9</u>
1.1.1 Географічні та кліматичні характеристики	<u>9</u>
1.1.2 Діюча система електропостачання	<u>10</u>
1.1.3 Інтеграція технологій СЕС в систему електропостачання	<u>11</u>
1.2 Аналіз потенціалу для використання поновлюваних джерел енергії	<u>13</u>
1.2.1 Аналіз вітроенергетичного потенціалу	<u>13</u>
1.2.2 Аналіз сонячного потенціалу	<u>14</u>
1.2.3 Аналіз можливості використання інших видів генерації на базі ВДЕ	<u>17</u>
1.3 Висновки до розділу 1	<u>17</u>
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	<u>18</u>
2.1 Структурна схема електростанції	<u>18</u>
2.2 Вибір сонячних панелей та інверторів	<u>18</u>
2.3 Вибір місця розташування станції	<u>24</u>
2.4 Електрична частина підстанції кола змінного та постійного струму	<u>27</u>
2.5 Вибір приладів обліку	<u>27</u>
2.6 Вибір автоматичних вимикачів та рубильників	<u>30</u>
2.7 Вибір проводів, кабелів та шин	<u>34</u>
2.8 Техніко–економічний розрахунок	<u>35</u>
2.8.1 Складання кошторису витрат	<u>35</u>
2.8.2 Розрахунок виробітку станції	<u>36</u>
2.8.3 Розрахунок окупності станції	<u>37</u>
2.9 Висновки до розділу 2	<u>37</u>
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	<u>38</u>
3.1 Проектування сонячного трекера	<u>38</u>
3.1.1 Архітектура та компоненти	<u>39</u>
3.1.2 Принцип роботи	<u>41</u>
3.1.3 Реалізація проєкту	<u>42</u>

3.1.4 Специфікація та бюджет	<u>45</u>
3.2 Проєктування системи очищення сонячних панелей	<u>46</u>
3.2.1 Прототипи та порівняння	<u>46</u>
3.2.2 Архітектура, компоненти та підсистеми	<u>50</u>
3.2.3 Розрахунок та принцип роботи	<u>51</u>
3.2.3.1 Регулювання швидкості двигунів постійного струму	<u>54</u>
3.2.3.2 Сонячний контролер заряду Victron	<u>55</u>
3.2.3.3 Повне втручання та видобуток даних Raspberry Pi	<u>56</u>
3.2.4 Впровадження	<u>55</u>
3.2.5 Бюджетна оцінка проєкту	<u>56</u>
3.3 Висновки до розділу 3	<u>57</u>
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	<u>58</u>
4.1 Ризики ураження електричним струмом	<u>58</u>
4.2 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)	<u>63</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<u>68</u>
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	<u>69</u>

ВСТУП

Актуальність проблеми. Надзвичайно високий ступінь зносу інфраструктури (зокрема, енергетичного сектору), і відповідно низька ефективність використання енергоресурсів є чинниками, що пояснюють становище України серед країн з високими показниками енергоемності економіки.

Одним із найскладніших і реалістичних способів вирішення цієї проблеми є реалізація повного «енергетичного переходу» від викопного палива до відновлюваних джерел енергії. Це дійсно можливо, оскільки сучасний розвиток високотехнологічних технологій уже відкрив реальні перспективи для відновлюваної енергетики.

На жаль, Україна відстає не лише від економічно розвинених країн світу, а й від світового показника використання ВДЕ. Частка ВДЕ у загальному споживанні кінцевої енергії становила 20% у 2014 році, тоді як в Україні цей показник становив лише 4,2%

З кожним роком сонячна енергія стає все більш популярною для власників будинків та підприємств, оскільки люди дізнаються про її численні переваги та зменшення витрат на встановлення.

На думку експертів Rentechno, технології відновлюваної енергії в Україні можуть покрити до 80% попиту на електроенергію з урахуванням поточного рівня розвитку технологій.

За останні кілька десятиліть використання сонячної енергії неухильно зростає, і все більше людей усвідомлюють величезну цінність використання сонячних панелей. За даними Укренерго, попит на встановлення сонячних панелей виріс з 0,08 ГВт у 2010 році до 6,194 ГВт на сьогодні. Доброю новиною є те, що цей підвищений попит допомагає знизити витрати. З 2016 року вартість сонячних фотоелектричних панелей знизилася майже на 60%. За оцінками Міністерства енергетики України, до 2050 року кількість домогосподарств, які встановлюють фотоелектричні системи на даху, може досягти 40-50%.

Мета і завдання дослідження.

Основною метою роботи є розробка та впровадження надійної та енергоощадної системи електропостачання котеджного містечка з використанням сонячних панелей.

Поставлена в роботі ціль вимагає:

- аналізу можливості впровадження проекту на даній території
- вибору необхідного типу, потужності та кількості обладнання фотоелектростанції
- розробки принципової схеми підключення автономного джерела живлення
- розрахунку електричного навантаження, вибір захисних та комутаційних апаратів
- впровадження автоматизованої системи стеження за сонцем
- встановлення автоматизованої системи очистки панелей
- оцінки економічної ефективності впровадження сонячних джерел електроенергії

Об'єкт дослідження. Процеси електропостачання з відновлювальними джерелами енергії.

Предмет дослідження. Розробка технічних заходів забезпечення надійності роботи системи електропостачання з відновлювальними джерелами енергії.

Наукова новизна. Отримало подальший розвиток дослідження методів забезпечення надійного електропостачання об'єктів з використанням сонячних панелей.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоноване технічне рішення щодо встановлення сонячних панелей в електричних мережах 0,4 кВ дозволить оптимізувати електроспоживання в системі «електрична мережа – сонячна панель», та підвищити надійність системи електропостачання в цілому.

Апробація. Основні положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на XI Міжнародній науково-технічній конференції молодих

вчених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ (2020), IV Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», та на X Міжнародній науково-технічній конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Структура роботи.

Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (22 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 64 сторінки.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз вихідних даних

1.1.1 Географічні та кліматичні характеристики

Котеджне містечко «Кленовий Гай» розташоване на околиці м. Тернопіль (Рисунок 1.1), в екологічній зоні подалі від гучних доріг. За інформацією забудовника, поселення розраховане на 250 двоповерхових будинків. Станом на сьогодні збудовано вже 180 та ще 20 скоро завершують своє будівництво.

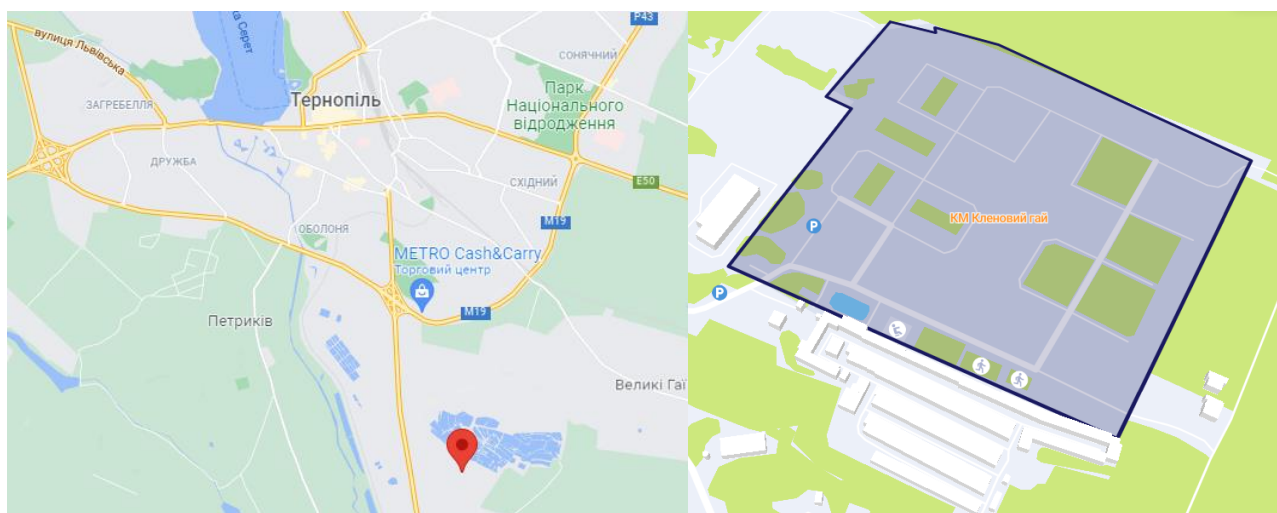


Рисунок 1.1 – Місце розташування КМ «Кленовий Гай»

На території КМ розміщені зони відпочинку, спортивні та дитячі майданчики, встановлене вуличне освітлення. Також неподалік знаходяться школи та дитсадки. Важливим моментом є безпека жителів та порядку, тому територія знаходиться під цілодобовою охороною.

Клімат в цьому районі помірно–континентальний, з теплим вологим літом і м'якою зимою. За 2020 рік температура повітря коливалась від -13°C в січні до $+32^{\circ}\text{C}$ в липні. Середньорічна кількість опадів становить 520–600 мм. Вітер тут не сильний, з середніми значеннями 3,8 м/с та рідкими поривами до 16 м/с.

Також важливим значенням є хмарність. Згідно оприлюднених даних з Тернопільської АСМЦ, за 2020 рік кількість спостережень становить 2927, а середнє значення хмарності складає 50%. (Рисунок 1.2).

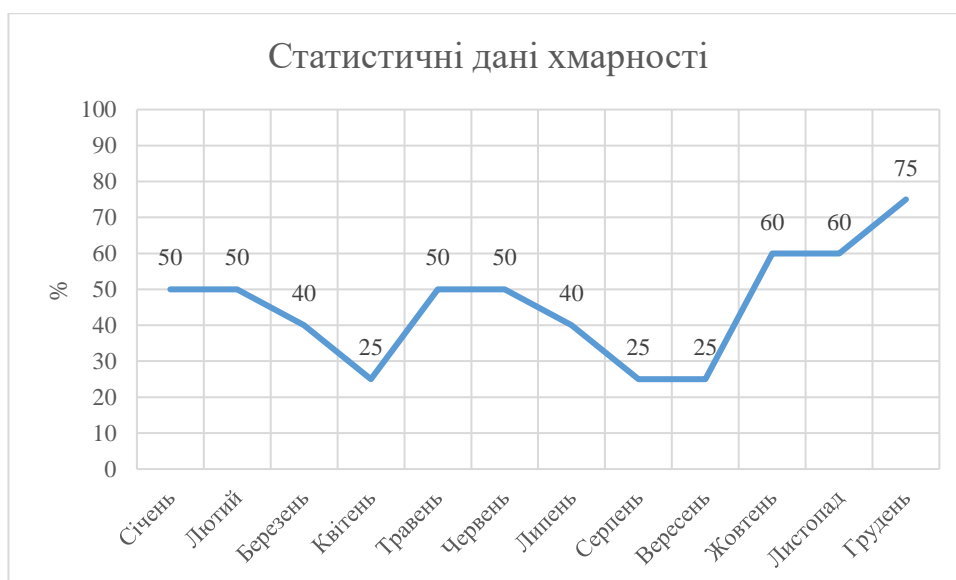


Рисунок 1.2 – Статистичні дані хмарності за 2020 рік

Відповідно, тільки подальші розрахунки допоможуть оцінити сонячний потенціал при даній хмарності.

1.1.2 Діюча система електропостачання

Забезпечення електроенергією та приєднання жителів КМ до електричних мереж здійснюється через ЗТП–255, яку обслуговує Тернопільський міський РЕМ.

Резерв дозволеної потужності на цій ТП – 470 *кВт*. Населення КМ на сьогодні нараховує близько 400 чоловік, тому навантаження на ТП не велике – ~ 70 *кВт*.

З огляду на кліматичні територіальні особливості об'єкта, та перспективу його модернізації, можливе застосування альтернативних джерел енергії.

Категорія щодо надійності електропостачання III. Для електроприймачів III категорії електропостачання може виконуватися від одного джерела живлення за умови, що перерви в електропостачанні, необхідні для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи, не перевищують 1 доби. Але оскільки альтернативне джерело енергії залежить від кліматичних умов, то також необхідно залишити традиційний спосіб підключення до електроенергії.

1.1.3 Інтеграція технологій СЕС в систему електропостачання

У складі будь-якої сонячної електростанції (СЕС) присутні одні і ті ж елементи:

1. Сонячні панелі. Вони вимагаються для перетворення сонячної енергії в електричний струм. Панелі складаються з фотоелектричних елементів. Змінюючи число фотоелементів, можна міняти потужність і напругу на виході;

2. Акумулятор. Один або кілька акумуляторів, необхідних для накопичення електричної енергії, оскільки вироблений струм сонячних панелей непостійний в часі. Акумулятори будуть віддавати накопичену енергію вночі та в хмарну погоду. Ємність акумуляторів визначає час роботи побутових приладів і освітлення при простій сонячних панелей;

3. Інвертор. Пристрій, який перетворює постійний струм від фотоелементів в змінний, який потребує споживач;

4. Різні з'єднання, контролери заряду/розряду батарей, провода, кріплення та інше.

Спрощена схема СЕС представлена на рис 1.3.

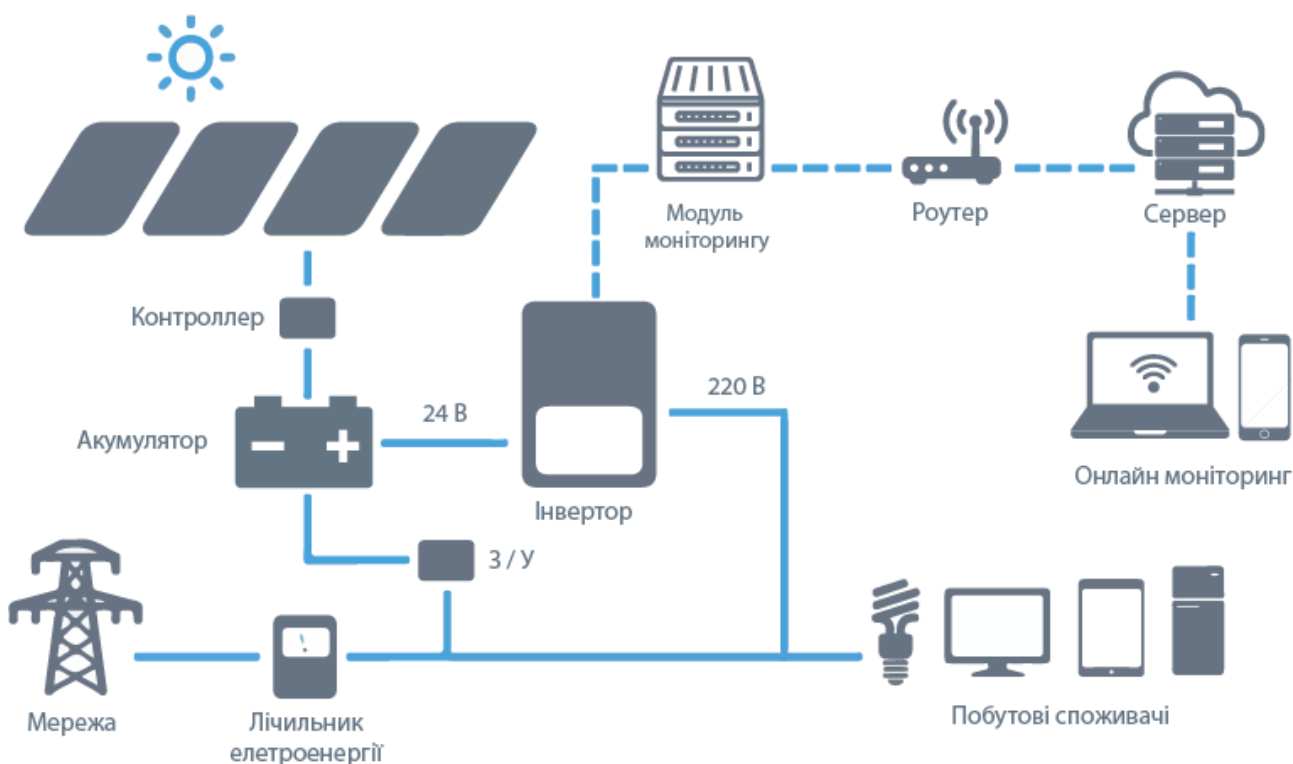


Рисунок 1.3 – Спрощена схема СЕС

Інтеграція сонячної енергії – це процес передачі потужності від відновлюваних джерел енергії в мережу комунальної системи. Це важлива технологія, оскільки інтеграція стандартизованих фотоелектричних систем у мережі оптимізує енергетичний баланс, покращує економічність фотоелектричної системи, знижує експлуатаційні витрати та забезпечує додаткову вартість для споживача та комунального підприємства.

Інтеграція сонячної електромережі зараз є поширеною практикою в багатьох країнах світу; оскільки зростає попит на використання альтернативної чистої енергії в порівнянні з викопним паливом.

Сонячна енергетика як один із відновлюваних джерел енергії також має вплив на навколишнє середовище, деякі з яких є значними. Інтенсивність впливу на навколишнє середовище змінюється залежно від конкретної використовуваної технології, географічного положення та ряду інших факторів. Тому надзвичайно важливо також оцінити вплив сонячної інтеграції на навколишнє середовище.

Інтеграція фотоелектричної системи в національні електромережі може зменшити втрати в лініях передачі та розподілу, підвищити стійкість мережі, знизити витрати на генерацію та зменшити вимоги до інвестування в нові потужності комунального господарства.

Більшість досліджень показали позитивні результати щодо інтеграції, тому вплив її на стабільність та безпеку системи слід уважно розглянути ще до встановлення установки. Використання передових інтеграційних технологій має бути розглянуто перед установкою станції, це допоможе генеруючій та розподільчій компанії передбачити можливий вплив інтеграції та генерації фотоелектричної енергії на стабільність системи.

Детальніше про переваги та недоліки інтеграції описано в тезі «ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРЕВАГИ ІНТЕГРАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМУ ЗМІННОГО СТРУМУ» та опубліковано в збірнику “X Міжнародна науково–технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій».

В залежності від потужності станції та її перевантаження, в ясні дні сонячна електростанція може покрити до 90% потреб споживача.

Генерація електроенергії відбувається в денні години (Рисунок 1.4.), що відповідає максимуму споживання, тому покриття графіка навантажень в решту часу доби, буде, як і раніше, здійснюватися традиційним електропостачанням.

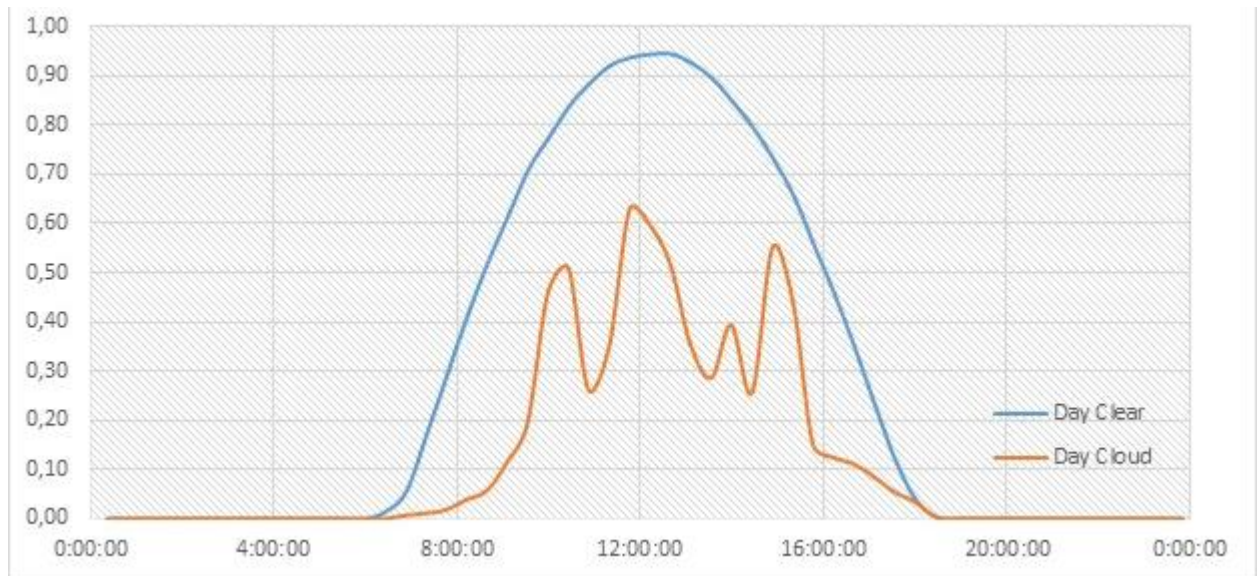


Рисунок 1.4 – Денна генерація електроенергії середньостатистичної СЕС на 1 кВт

Час видачі потужності СЕС визначається тривалістю світлового дня. Для наочного пояснення заповнюваності графіка навантажень сонячної станції взяті тривалості сонячного та хмарного дня. Як видно з графіків, в полудень ми можемо добитися значної економії електроенергії за рахунок енергії сонця. Але необхідно враховувати те, що освітленість сонячних панелей не завжди буде достатньою для повного покриття споживання і ТП буде працювати на споживачів спільно з панелями, а в деяких випадках і повністю їх заміщаючи.

1.2 Аналіз потенціалу для використання поновлюваних джерел енергії

1.2.1 Аналіз вітроенергетичного потенціалу

В даний час існує безліч конструкцій механізмів, які перетворюють енергію вітрового потоку в електричний струм. Всі вони розрізняються конструкцією приводного механізму і положенням осі обертання відносно

горизонту. Найбільш поширеними є трьохлопастні вітрогенератори з горизонтально розташованою віссю обертання.

Розташування вітрових електростанцій так само по-різному – узбережжя, шельфи, вершини гір, пагорбів, але всі ці локації об'єднує одне: наявність постійних і сильних вітрів. Через регулярні морські вітри, які здатні забезпечити тривале вироблення електроенергії на потужності близької до номінальної, найбільш ефективні електростанції на шельфах.

Найпотужнішою та найбільшою в Україні вважається Ботієвська ВЕС встановленою потужністю 200 MWt , яка перебуває в Запорізькій області. Основне обладнання для цієї станції – генератори Vestas V112–3.0, номінальною потужністю 3000 kWt , для роботи цієї машини в номінальному режимі необхідна швидкість вітру 12 м/с .

Середня швидкість вітру поблизу м. Тернопіль в 2020 році коливалась в районі $3–4\text{ м/с}$, що відповідає лише швидкості зрушення більшості вітроколів.

На фоні цього, висновок про абсолютну безперспективність варіанту електропостачання від вітрової електричної станції напрошується сам собою.

1.2.2 Аналіз сонячного потенціалу

Отримання енергії з сонячного світла вважається одним з найбільш перспективних напрямків розвитку електроенергетики. Будівництво безпечних, «зелених» станцій дозволяє стимулювати розвиток нових технологій, а не «просто спалювати вуглеводні». Розвиток сонячної енергетики в Україні не такий активний як у передуючих країнах, таких як Німеччина, Китай чи Італія. Пов'язано це, в першу чергу, з відносно низьким рівнем інсоляції (частка радіації, яка припадає на поверхню землі).

Карта інсоляції, надана завдяки електронному ресурсу ESMAP зображена на Рисунок 1.5.

SOLAR RESOURCE MAP

GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION

UKRAINE



ESMAP

SOLARGIS

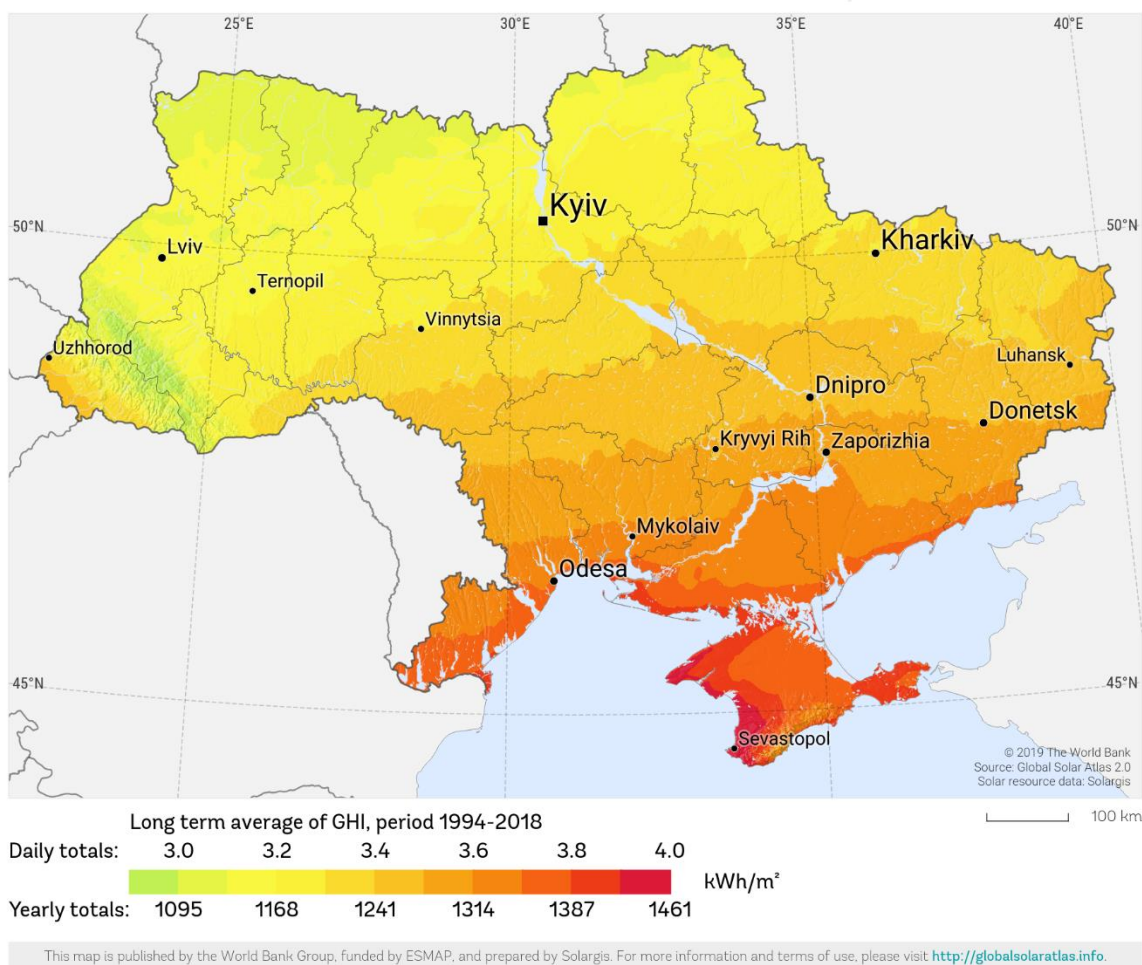


Рисунок 1.5 – Рівень сонячної радіації

За Рисунок 1.5 можна визначити найбільш сприятливі місця для розміщення СЕС, як бачимо, це переважно південь України (Одеська, Миколаївська, Запорізька, Дніпропетровська області та півострів Крим). Інсоляція в цих регіонах становить $3,6 - 4,0 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2}$. Дві найбільші сонячні станції розташовані на території Дніпропетровщини. А саме: Нікопольська СЕС потужністю 246 МВт та Покровська СЕС потужністю 240 МВт . Зазначені станції працюють на загальне навантаження в складі найбільшої приватної енергетичної компанії України – ДТЕК.

Але крім них, існують також ізольовані об'єкти генерації, розташовані у віддалених від системи районах. Станом на кінець 2020 року, в тернопільській області збудовано 2361 СЕС, загальною потужністю 66 МВт.

Зробимо більш детальний аналіз сонячної активності в місці розташування котеджного містечка поблизу м. Тернопіль. Для цього скористаємося сервісом “Global Solar Atlas”, який містить онлайн-інструменти інтерактивної карти, спрощений калькулятор фотоелектричної енергії, інструменти звітності та великий розділ для завантаження (Рисунок 1.6.)

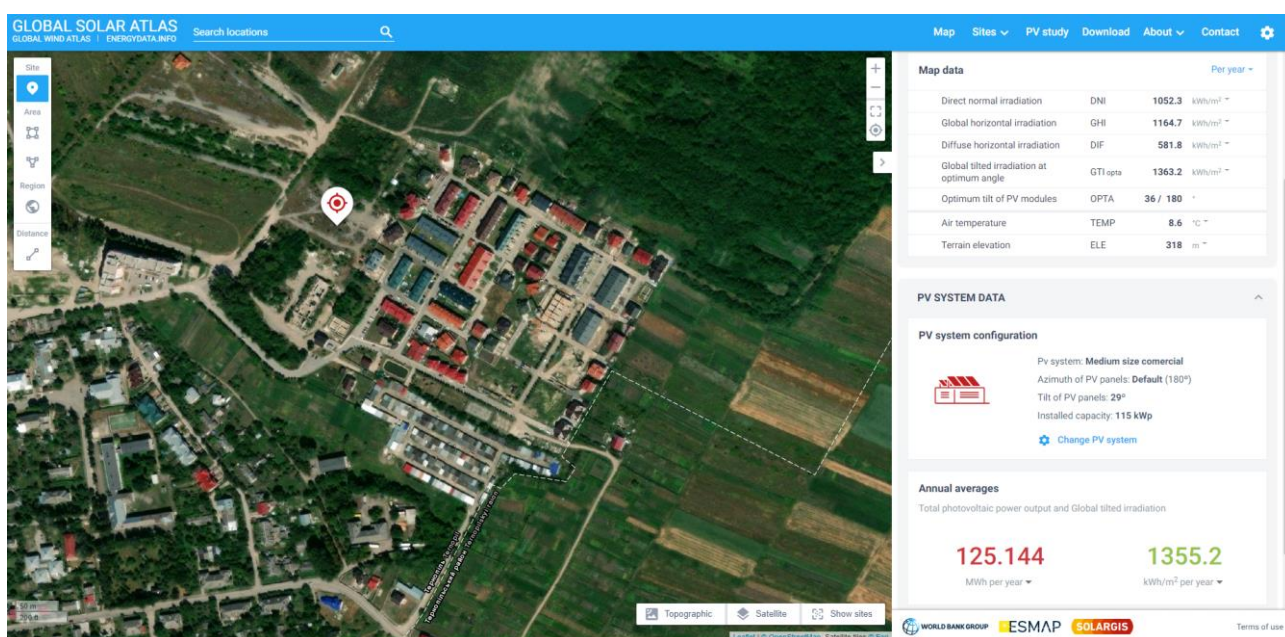


Рисунок 1.6 – Загальні середньорічні показники розраховані онлайн сервісом GSA

Як бачимо, доза сонячної радіації на поверхню, в даній місцевості, є допустимою для використання енергії сонця, як джерела живлення споживачів.

Детальніші розрахунки наведені в Додатку А Розрахунок фотоелектричного потенціалу.

1.2.3 Аналіз можливості використання інших видів генерації на базі ВДЕ

В даному проєкті немає можливості розглядати варіанти будівництва електричних елементів станції на базі інших відновлюваних джерел енергії.

При розгляді питання про встановлення мікро ГЕС на річці Серет, виникають певні труднощі: ця річка не володіє достатнім енергетичним потенціалом для встановлення обладнання потрібної потужності, так само взимку ці річки покриваються льодом через низькі температури, що істотно ускладнює використання мікро ГЕС. Також мінусом є розташування річки відносно поселення, адже відстань до неї 1,3 км що є проблемним варіантом для підключення споживачів.

Геотермальних джерел в даному районі немає, як і немає морів та океанів, тому використання енергії надр землі, а також енергії припливів і відливів виключено.

1.3 Висновки до розділу 1

З проведеного огляду випливає зв'язок з важкою екологічною обстановкою, що загострюється, парниковим ефектом, забрудненням води та ґрунту. Необхідний перехід від невідновлюваних копалин первинних джерел енергії до відновлюваних. На сьогоднішній день у світовій практиці відома низка регіонів та країн, які вирішують проблему енергозабезпечення шляхом впровадження відновлюваної енергетики. Розвиток технічної та законодавчої бази відновлюваної енергетики та стійкі тенденції зростання вартості паливно–енергетичних ресурсів вже сьогодні визначають техніко–економічні переваги електростанцій, що використовують поновлювані енергоресурси. Очевидно, що в перспективі ці переваги збільшуватимуться, розширюючи сфери застосування відновлюваної енергетики та збільшуючи її внесок у світовий енергетичний баланс.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Структурна схема електростанції

На рис. 2.1 представлена структурна схема електропостачання населення. Три групи сонячних панелей приєднані до трьох мережевих інверторам, що дають на виході змінний струм з напругою 230 В. Всі вони підключені до загальної мережі живлення, яка включаються в роботу в автоматичному режимі при пониженні генерації.

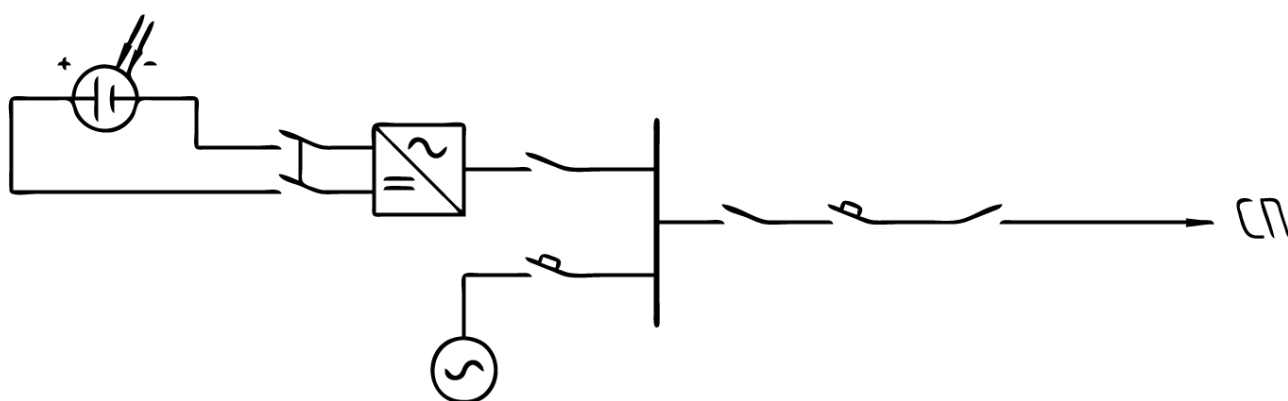


Рисунок 2.1 – Структурна схема електростанції

Так як час максимальної генерації збігається з часом піку споживання, установка акумуляторів для запасання надлишків генеруючої електроенергії визнана не раціонально. У разі збільшення генерації щодо споживання потужність, що видається в мережу сонячними панелями, обмежується інвертором.

2.2 Вибір сонячних панелей та інверторів

При виборі сонячних панелей необхідно враховувати їх потужність, вартість, ККД та інші технічні характеристики.

На ринку України, китайська компанія Ja Solar є одним з лідерів за виробництвом сонячних панелей. Відповідність стандартам виготовлення і наявності сертифікатів дозволяє не сумніватися в надійності їхнього продукту.

Для даного проекту виберемо панелі марки JAM60S09–325PR від виробника Ja Solar, потужністю 325 Вт, основні характеристики якої представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Параметри сонячної батареї JAM60S09–325PR

Електричні параметри	
Потужність	325 Вт
Напруга при максимальній потужності	33,4 В
Струм при максимальній потужності	9,72 А
Струм короткого замикання	10,25 А
Напруга холостого ходу	41,04 В
Максимальна напруга у системі	1000/1500 В
ККД	19,7 %
Термічні характеристики	
Номінальна робоча температура комірки	–40... + 80°C
Температурний коефіцієнт потужності	–0,370 %/°C
Температурний коефіцієнт напруги	–0,300 %/°C
Температурний коефіцієнт струму	+0,060 %/°C
Конструкційні характеристики	
Кількість фотоелементів	60 (6×10)
Габарити, Д×Ш×В, мм	1657×996×35 мм
Вага	18,4 кг
Ступінь захисту	IP 67
Штекерний роз'єм	MC4

Виробник дає гарантію 12 років на механічні пошкодження, 10 років на вироблення 90% номінальної потужності та 25 років на вироблення 80% номінальної потужності.

Для підключення панелей до трифазної мережі змінного струму необхідні інвертори. Їх слід вибирати виходячи з потужності і необхідних параметрів електроенергії на виході.

Умови вибору інверторів наступні:

- 1) Сумарна потужність інверторів не повинна бути нижче сумарної потужності сонячних панелей:

$$P_{\Sigma}^I \geq P_{\Sigma}^{СП}$$

- 2) На даній електричній станції необхідна установка трифазних інверторів

- 3) Вихідна напруга групи сонячних панелей не повинна перевищувати максимальної вхідної напруги інвертора:

$$U_{ep}^{СП} < U_{ex}^I$$

При виборі потужності інвертора варто враховувати можливість збільшення потужності навантаження і забезпечення надійності передачі всієї потужності сонячних панелей в мережу.

Проаналізувавши пропозиції різних виробників і порівнявши техніко-економічні характеристики продукції було прийнято рішення про використання інверторів від компанії Fronius серії SYMO потужністю 10 кВт (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Параметри системи трифазних інверторів Fronius SYMO 10.0–3–М

Вхідні дані	
Кількість трекерів МРР	2
Макс. вхідний струм ($I_{DC\max}$)	27,0 А/16,5 А (14,0 А для < 420В)
Макс. сумарна величина ефективного вхідного струму ($I_{DC\max 1} + I_{DC\max 2}$)	43,5 А
Макс. струм короткого замикання (MPP_1/MPP_2)	40,5 А/24,8 А

продовження таблиці 2.2

Мін. вхідна напруга ($U_{DC\min}$)	200 В
Початкова напруга ($U_{DC\text{ start}}$)	200 В
Макс. вхідна напруга ($U_{DC\max}$)	1000 В
Діапазон корисних напружень МРР	200 – 800 В
Кількість роз'ємів постійного струму	3 + 3
Максимальна вихідна потужність ФВ генератора ($P_{DC\max}$)	15,0 кВт _{peak}
Вихідні дані	
Номінальна потужність (АС) ($P_{AC,r}$)	10 000 Вт
Макс. вихідна потужність	10 000 В · А
Макс. вихідний струм ($I_{AC\max}$)	14,4 А
Підключення до мережі (діапазон напруг)	3 – NPE 400 В/230 В 3 – NPE 380 В/220 В (+20%/–30%)
Частота (діапазон частот)	50 Гц/60 Гц, 45 Гц/65 Гц
ККД	98%
Загальна інформація	
Габарити (В × Ш × Г)	725 × 510 × 225 мм
Маса	34,8 кг
Ступінь захисту	IP 66
Конструкція інвертора	Бестрансформаторна
Діапазон температур навколишнього середовища	–40° ... + 60°С
Технологія підключення кола постійного струму	6 х постійний струм прямої полярності і 6 х постійний струм зворотної полярності, затискні контакти 2,5 – 16 мм ²

продовження таблиці 2.2

Підключення до мережі	полюсів змінного струму, затискні контакти 2,5 – 16 мм ²
Інтерфейси	
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)
USB (роз'єм А)	Для USB-накопичувачів
2x RS422 (роз'єм RJ45)	Fronius Solar Net
Сигнальний вихід	Управління енергією (вихід з релейною розв'язкою потенціалів)
Логи сервера	Включені
Зовнішній вхід	S0-Meter Інтерфейс / Вхід для захисту від перенапруги
RS485	Modbus RTU SunSpec або підключення лічильника

Визначимо розрахункову потужність станції з врахуванням можливого збільшення споживання на 50%

$$P_{СП\Sigma, \text{розрах}} = 1,5 P_{ТП}, \quad (2.1)$$

де $P_{ТП}$ – споживна потужність діючої ТП

Розрахункова потужність станцій за формулою (2.1):

$$P_{СП\Sigma, \text{розрах}} = 1,5 \cdot 76 = 114 \text{ кВт}$$

Визначимо необхідну кількість сонячних панелей для покриття потужності споживачів

$$N_{СП}^{\text{заг}} = \frac{P_{СП\Sigma}^{\text{розрах}}}{P_{СП}}, \quad (2.2)$$

де $P_{СП}$ – номінальна потужність однієї панелі

Кількість панелей за формулою (2.2):

$$N_{СП}^{заг} = \frac{114\,000}{325} = 350 \text{ шт}$$

Для підключення сонячних панелей, що входять в інвертор, необхідна відповідність вихідної напруги панелей до вхідної напруги у інвертор. З цією метою панелі збираються в групах з кількох штук послідовно. Виходячи з напруги на вході в інвертор і на клеммах сонячних панелей, визначається кількість наступних з'єднаних панелей у одній такій групі

$$N_{СП}^{посл} = \frac{U_{ІНВ}^{вх}}{U_{СП}^{ТМП}}, \quad (2.3)$$

де $U_{ІНВ}^{вх}$ – номінальна вхідна напруга інвертора (див. табл. 2.2);

$U_{СП}^{ТМП}$ – напруга сонячних панелей у точках максимальної потужності (див. табл. 2.1);

$$N_{СП}^{посл} = \frac{830}{33,44} = 25 \text{ шт}$$

Далі, знаючи необхідну кількість сонячних панелей, для організації електропостачання поселення, визначимо кількість паралельно з'єднаних груп

$$N_{груп}^{заг} = \frac{n_{СП}^{посл}}{N_{СП}^{заг}} \quad (2.4)$$

За формулою (2.4):

$$N_{груп}^{заг} = \frac{350}{25} = 14 \text{ шт}$$

Визначимо кількість груп, паралельно підключених до одного інвертора:

$$N_{груп} = \frac{I_{вх}^{max}}{I_{СП}^{ТМП}}, \quad (2.5)$$

де $I_{вх}^{max}$ – максимальний струм інвертора (див. табл. 2.2)

$I_{СП}^{ТМП}$ – струм сонячних панелей в точці максимальної потужності (табл. 2.1)

За формулою (2.5):

$$N_{груп} = \frac{16,5}{9,72} = 1,69 \approx 2 \text{ шт}$$

Визначимо кількість інверторів:

$$N_{\text{ИВ}} = \frac{N_{\text{груп}}^{\text{заг}}}{N_{\text{груп}}} \quad (2.6)$$

За формулою (2.6):

$$N_{\text{ИВ}} = \frac{14}{2} = 7 \text{ шт}$$

2.3 Вибір місця розташування станції

Для максимального опромінення сонячних панелей їх необхідно розташовувати під певним кутом до горизонту. Згідно розрахунку, наведеним в Додатку А Розрахунок фотоелектричного потенціалу, сонячні панелі розташовуються під кутом 29° до горизонту. Панелі будуть розташовуватися, як показано на рисунку 2.2. Для монтажу панелей використовуємо стійки компанії Solar. У даних стійок передбачена можливість регулювання кута нахилу по відношенню до горизонту.

Знаючи розміри панелі, розрахуємо площу, необхідну для її розміщення на території.

$$S_{\text{пл}} = l_{\text{пл}} \cdot b_{\text{сп}}, \quad (2.7)$$

де $b_{\text{сп}}$ – ширина панелі (див табл. 2.1).

Довжину площі під панеллю визначимо через тригонометричне співвідношення

$$l_{\text{пл}} = l_{\text{сп}} \cdot \cos(\alpha), \quad (2.8)$$

де α – кут між горизонтом і панеллю, $l_{\text{сп}}$ – довжина панелі (див. табл. 2.2).

За формулами (7) і (8):

$$l_{\text{пл}} = 1,65 \cdot \cos(29^\circ) = 1,44 \text{ м}$$

$$S_{\text{пл}} = 0,99 \cdot 1,44 = 1,42 \text{ м}^2$$

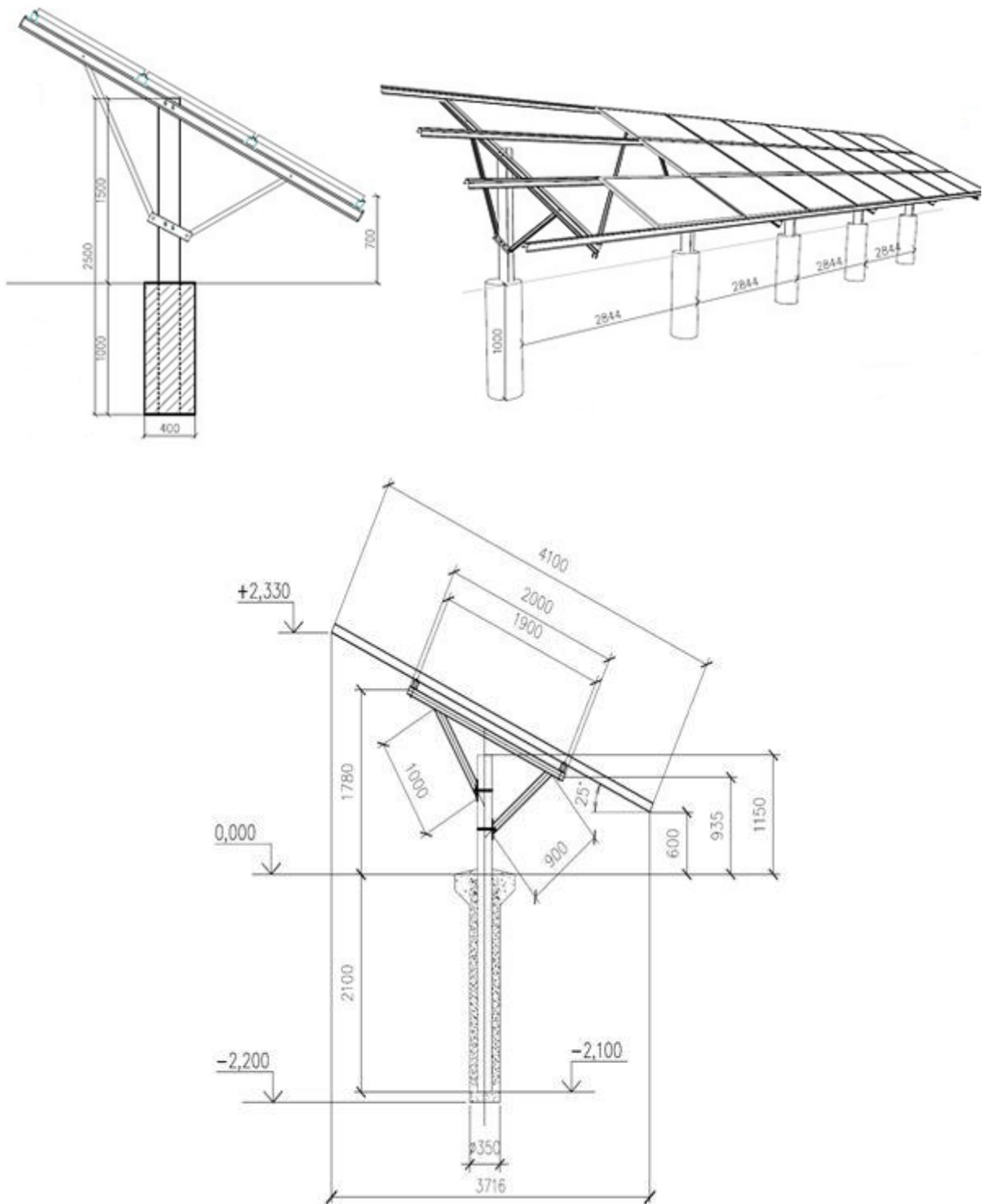


Рисунок 2.2 – Розташування панелей відносно горизонтальної площини

Для того щоб уникнути затінення панелей в піку вироблення необхідно розташовувати їх ряди на деякій відстані один від одного.

$$b_{\text{прох}} = h_{\text{СП}} \cdot \text{tg}(\alpha), \quad (2.9)$$

де $h_{\text{СП}}$ – висота, на якій встановлені панелі

Висоту встановленої похило сонячної панелі визначимо, як добуток довжини панелі на синус кута α

$$h_{СП} = l_{СП} \cdot \sin(\alpha) \quad (2.10)$$

Зробимо розрахунок за формулами (9) та (10):

$$h_{СП} = 1,65 \cdot \sin(29^\circ) = 0,798 \text{ м}$$

$$b_{прох} = 1,24 \cdot \text{tg}(29^\circ) = 0,686 \text{ м}$$

Панелі будуть збиратися в ряди з 25 штук. Виходячи з цього, визначимо протяжність одного ряду

$$L_{ряду} = N_{пан} \cdot b_{СП}, \quad (2.11)$$

де $N_{пан}$ – кількість панелей в ряду.

Довжина ряду за формулою (11)

$$L_{ряду} = 25 \cdot 0,99 = 24,75$$

Розташування сонячних панелей приведено в Додатку Б Генеральний план станції, та на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Розташування станції поблизу селища

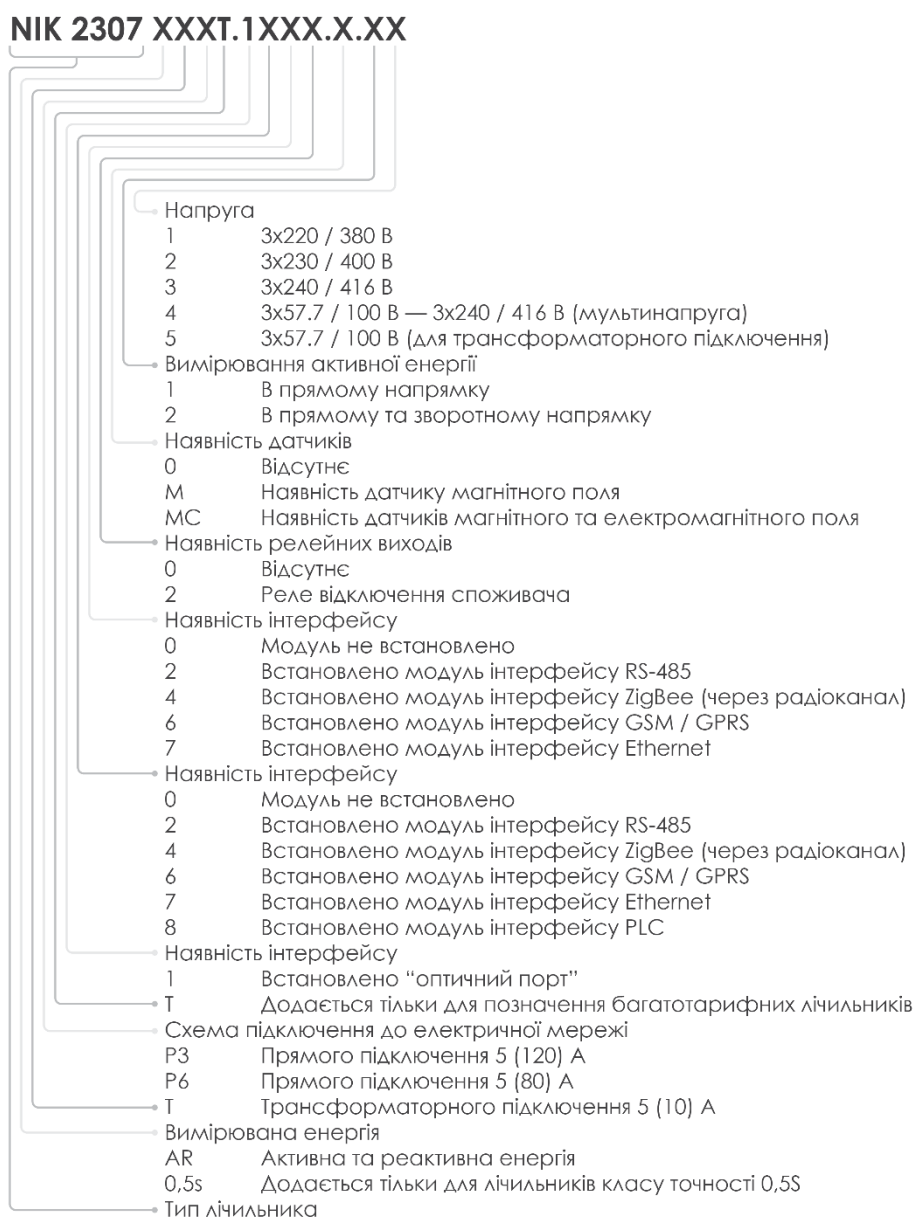
2.4 Електрична частина підстанції кола змінного та постійного струму

Електрична схема сонячної електростанції представлена в додатку В Об'єднана схема електричних з'єднань. І представляє собою об'єднану схему станції, що включає в собі коло постійного і змінного струму. В залежності від роду струму, електричну схему можна розділити на дві частини, межею поділу яких служить інвертор.

До кола змінного струму відносяться шина, до якої підключені джерела і споживачі, лінії, що відходять від станції до навантаження і комутаційна апаратура.

2.5 Вибір приладів обліку

Для обліку електроенергії що буде видаватись в мережу встановимо два лічильника NIK 2307. Лічильники цієї серії (рис 2.5) мають особливі переваги в тому, що проводять вимірювання активної енергії в прямому і зворотному напрямку та реактивної енергії в прямому напрямку, по одному або декількох тарифах у трифазних трипровідних і чотирипровідних колах змінного струму, з трансформаторним і / або прямим підключенням по напрузі і струму.



Примітка:
Неможливо одночасно встановити в лічильнику: PLC + GSM, ZigBee, Ethernet + Ethernet

Рисунок 2.5 – Варіанти конфігурацій лічильника NIK 2307

З варіантів, наданих виробником, вибираємо NIK 2307 ARP3T.1602.M.21 (рис. 2.6) технічні характеристики якого описані в таблиці 2.3.



Рисунок 2.6 – Лічильник електроенергії NIK 2307 ARP3T.1602.M.21

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики лічильника NIK 2307 ARP3T.1602.M.21

Кількість фаз	трифазний
Кількість тарифів	багатотарифний
Тип підключення	пряме
Тип індикатора	електронний
Вимірювана енергія	активна та реактивна
Номінальний та максимальний струм, A	5 (120)
Наявність датчика магнітного поля	є
Номінальна напруга, B	$3 \times 220/380$
Номінальна частота, $Гц$	50
Вимірювання активної енергії	в прямому та зворотньому напрямку
Ступінь захисту	$IP\ 54$
Діапазон температур експлуатації	$-40^{\circ} \dots +70^{\circ}C$
Става лічильника (активна електроенергія)	$8000\ imp/(кВт \cdot год)$

продовження таблиці 2.3

Стала лічильника (реактивна електроенергія)	8000 <i>імн</i> /(кВАр · год)
Міжповірочний інтервал	10 років
Кількість розрядів лічильного механізму	6 + 3
Наявність інтерфейсів	модуль інтерфейсу GSM/GPRS
Наявність релейних виходів	реле відключення споживача
Гарантійний термін	36 місяців
Габарити (Д×Ш×В), мм	224 × 181 × 92
Вага, кг	2,3

2.6 Вибір автоматичних вимикачів та рубильників

Вибір комутаційного обладнання проводиться номінальним параметрам.

Умови вибору наступні:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{мережі}}, \quad (2.12)$$

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{мережі}}, \quad (2.13)$$

де $U_{\text{ном}}$, $I_{\text{ном}}$ – номінальна напруга та струм обладнання; $U_{\text{мережі}}$, $I_{\text{мережі}}$ – напруга та струм мережі.

Пристрій інвертора дозволяє обмежувати і припиняти видачу потужності в мережу, також інвертор на заводі–виробнику забезпечений всіма необхідними захистами. Це дає нам можливість відмовитися від установки автоматичних вимикачів в колі постійного струму.

У колі змінного струму автоматичні вимикачі необхідні для захисту і комутацій, що відходять до споживачів ЛЕП.

$$I_{\text{ном}}^{\text{нав}} = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{нав}}}{3 \cdot U_{\text{ном}}^{\text{нав}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.14)$$

де $P_{\text{ном}}^{\text{нав}}$ – номінальна потужність навантаження, що визначена в п. 2.2;

$U_{\text{ном}}^{\text{нав}}$ – напруга навантаження, що рівна навантаженню мережі;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності навантаження, приймаєм 0,95.

За формулою (14):

$$I_{ном}^{наб} = \frac{115\,000}{3 \cdot 230 \cdot 0,95} = 175,43 \text{ A}$$

Використовуєм автоматичні вимикачі серії ABB Formula A2C 250 TMF 250–2500 3P F F (рис. 2.7). Дана серія автоматів комплектуються термомагнітними розчіплювачами захисту і доповнюються механічними і електричними аксесуарами. Ці пристрої італійського виробництва (SAKE) мають широкі можливості для універсального застосування, та відрізняються високою якістю і надійністю.



Рисунок 2.7 – Вимикач ABB Formula A2

За умовою (12):

$$U_{ном} = 550 \text{ B} \geq U_{мережі} = 230 \text{ B}$$

Умова виконується

Загальні технічні характеристики вимикача наведені в таблиці 2.4

Як видно з таблиці, умова (13) також виконується.

Попередньо рубильники потрібно вибрати виходячи з умови (12) та (13).

Рубильники призначені для проведення номінального струму і нечастих (до трьох разів на добу) в годину неавтоматичних комутацій електричних кіл без навантаження.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики вимикача ABB Formula A2

Кількість полюсів	3
Номінальний струм, A	250
Номінальна напруга, B	AC 550/DC 220
Відключаюча здатність, $кА$	25
Номінальна імпульсна напруга, що витримується, $кВ$	6
Механічна зносостійкість	10 000
Загальний час розмикання реле, $мс$	15
Розчеплювач	Термомагнітний (ТМФ)

Для розрахунку параметрів в колі постійного струму скористаємося даними в таблиці 2.1, де вказано значення струму і напруги в точці максимальної потужності сонячних панелей.

Струм через рубильник в колі постійного струму визначимо за законом Кірхгофа, як суму струмів паралельних гілок, з'єднаних в одній точці

$$I_{\text{мережі}}^{DC} = N_{\text{груп}} \cdot I_{\text{СП}}^{TМП}, \quad (2.15)$$

де $N_{\text{груп}}$ – кількість паралельно з'єднаних груп (п. 3.2);

$I_{\text{СП}}^{TМП}$ – струм в точці максимальної потужності сонячних панелей (див. табл. 2.1

За формулою (15):

$$I_{\text{мережі}}^{DC} = 2 \cdot 9,72 = 19,44 \text{ A}$$

Напругу на клеммах рубильника визначимо, як суму напруг в точці максимальної потужності сонячних панелей, з'єднаних послідовно

$$U_{\text{мережі}}^{DC} = N_{\text{СП}} \cdot U_{\text{СП}}^{TМП}, \quad (2.16)$$

де $N_{\text{СП}}$ – кількість послідовно з'єднаних батарей (п. 3.2);

$U_{\text{СП}}^{TМП}$ – напруга в точці максимальної потужності, (див. табл. 3.1).

За формулою (16):

$$U_{мережі}^{DC} = 25 \cdot 33,44 = 836 \text{ В}$$

Визначимо потужність сонячних панелей, підключених до інвертора

$$P_{СП}^{заг} = N_{СП} \cdot P_{СП}, \quad (2.17)$$

де, $N_{СП}$ – кількість сонячних батарей підключених до інвертора;

$P_{СП}$ – потужність однієї сонячної панелі.

За формулою (17):

$$P_{СП}^{заг} = 50 \cdot 325 = 16,25 \text{ кВт}$$

Визначимо потужність на виході інвертора з урахуванням коефіцієнта перетворення постійного струму в змінний

$$P_{інв}^{вих} = 0,91 \cdot P_{СП}^{заг}, \quad (2.18)$$

де, 0,91 – коефіцієнт перетворення в відносних одиницях.

За формулою (18):

$$P_{інв}^{вих} = 0,91 \cdot 16,25 = 14,78 \text{ кВт}$$

Далі, маючи необхідні дані, визначимо струм на виході інвертора

$$I_{інв}^{вих} = \frac{P_{інв}^{вих}}{3 \cdot U_{інв}^{вих} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.19)$$

де, $U_{інв}^{вих}$ – вихідна напруга інвертора,

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності інвертора.

За формулою (19):

$$I_{інв}^{вих} = \frac{14,78}{3 \cdot 230 \cdot 0,99} = 21,63 \text{ А}$$

Розраховані раніше, при виборі автоматичних вимикачів, пункт 4.2, значення струмів і напруг справедливі і для рубильників, встановлених послідовно з вимикачами.

На сторону постійного струму виберемо рубильники Hager HA354.

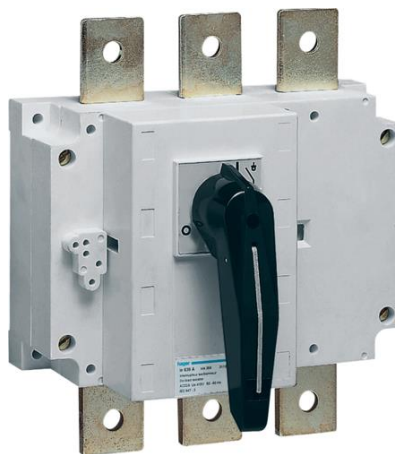


Рисунок 2.8 – Рубильник НА354 (250 А) виробника Hager

За умовою (12):

$$U_{ном} = 1 \text{ кВ} \geq U_{мережі} = 0,73 \text{ кВ}$$

2.7 Вибір проводів, кабелів та шин

Згідно ПУЕ, провідники будь-якого призначення повинні задовільняти вимогам щодо гранично допустимого нагріву з урахуванням не тільки нормальних, але і післяаварійних режимів. Так само мережі споруд напругою до 1 кВ при кількості годин використання максимуму навантаження до 4000–5000 провірці з економічної щільності струму не підлягають. Число годин використання максимуму навантаження на проектованій станції становить 4000, перевірка по економічній щільності струму не виробляється. Попередньо виберемо перетин кабельних ліній по струму в нормальному максимальному режимі роботи станції, розрахованому при виборі вимикачів і рубильників – пункт 4.3 і 4.4.

Для з'єднання інверторів з розподільчим пристроєм, що використовують трижильні мідні кабелі марки ВВГ. Далі слід врахувати, що кабельні лінії, які з'єднують інвертори з РУ, розкладаються по повітрю. Лінії споживачів виконують самонесучим ізольованим проводом марки СПП–2.

2.8 Техніко–економічний розрахунок

2.8.1 Складання кошторису витрат

Для розрахунку техніко–економічних показників необхідно розрахувати сумарну вартість обладнання, з цією метою складемо кошторис витрат, та зведемо її в табл. 2.5.

Таблиця 2.5. – Кошторис витрат

Тип обладнання	Марка	Ціна за од.	Кількість	Вартість
Сонячні панелі	JAM60S09–325PR	3500 грн	350 шт	1 225 000 грн
Кріплення сонячних панелей		2500 грн	350 шт	875 000 грн
Інвертор	Fronius SYMO 10.0–3–M	77 000 грн	7 шт	539 000 грн
Лічильник	NIK 2307 ARP3T.1602.M.21	7 000 грн	2 шт	14 000 грн
Автоматичний вимикач	ABB Formula A2C 250 TMF 250–2500 3P F F	5 500 грн	2 шт	11 000 грн
Рубильники	Hager HA354	2 800 грн	9 шт	25 200 грн
Кабелі	СП–2	50 грн	1 500 м	75 000 грн
Всього: 2 764 200 грн				

Вартість доставки обладнання та монтажу приймемо 5% від вартості обладнання

$$C_{БМР} = C_{дост} = 0,05 \cdot K_0, \quad (2.20)$$

де $C_{БМР}$ – витрати на будівельно–монтажні роботи,

$C_{дост}$ – витрати на доставку обладнання,

K_0 – вартість обладнання $K_0 = 2 764 000$ грн

За формулою (2.20):

$$C_{БМР} = 0,05 \cdot 2\,764\,200 = 138\,210 \text{ грн}$$

$$C_{дост} = 0,05 \cdot 2\,764\,200 = 138\,210 \text{ грн}$$

Розрахуємо капітальні вкладення у будівництво станції як суму витрат на обладнання, його доставку та будівельно–монтажні роботи.

$$K_{СТ} = K_0 + C_{дост} + C_{БМР} \quad (2.21)$$

$$K_{СТ} = 2\,764\,200 + 138\,210 + 138\,210 = 3\,040\,620 \text{ грн}$$

2.8.2 Розрахунок виробітку станції

Знаючи параметри сонячних панелей та їх кількість, опираючись на дані про сонячну радіацію, складемо таблицю вироблення сонячних панелей (табл. 2.6).

Таблиця 2.6. – Виробітка сонячних панелей

Місяць	Сонячна радіація в місяць, $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$	Площа панелі	ККД	Виробітка однієї панелі $\text{кВт} \cdot \text{год}$	Виробітка всіх панелей $\text{кВт} \cdot \text{год}$
Січень	37,4	1,949 м^2	19,7%	11,6694286	4084,3
Лютий	49,3			17,776	6221,6
Березень	88,0			31,2828571	10949
Квітень	111,8			39,0611429	13671,4
Травень	137,4			45,1577143	15805,2
Червень	139,9			45,1514286	15803
Липень	134,6			45,438	15903,3
Серпень	137,4			43,8434286	15345,2
Вересень	100,8			33,5034286	11726,2
Жовтень	74,7			25,02	8757
Листопад	31,2	1,949 м^2	19,7%	11,4742857	4016
Грудень	27,4			8,17514286	2861,3
Рік	1069,8	–	–	–	125143,5

2.8.3 Розрахунок окупності станції

Розраховуємо термін окупності, як відношення капітальних вкладень до добутку виробленої енергії за рік на ціну «зеленого тарифу»:

$$T = \frac{K_0}{W_{\text{панелей}} \cdot 0,164 \text{ €/кВт}}, \quad (2.22)$$

$$T = \frac{2\,764\,000}{125\,143 \cdot 4,92} = \frac{2\,764\,000}{615\,706} \approx 4,5 \text{ років}$$

Розрахований термін експлуатації значно менший гарантованого виробником терміну служби сонячних панелей.

З наведеного розрахунку видно, що встановлення сонячних панелей дозволяє значно знизити собівартість електроенергії та збільшити її вироблення.

2.9 Висновки до розділу 2

У цьому розділі проведений розрахунок фотоелектричної станції. Проведено аналіз та вибір всього необхідного обладнання. Таким чином, фотоелектростанція включає в себе 350 сонячні модулі, 7 інверторів, 2 автоматичних вимикача та 9 рубильників.

Згідно техніко–економічному розрахунку, сонячна станція за рік буде генерувати близько 107 МВт електроенергії. Тому виходячи з капітальних вкладень в електростанцію які становлять 3 040 620 грн, термін окупності її дорівнюватиме близько 4,5 років.

Аналізуючи ці данні, можна підтвердити доцільність впровадження даного проєкту, оскільки термін окупності не перевищує терміну експлуатації заявленого виробником.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування сонячного трекера

Сонячні панелі мають максимальний ККД в тому випадку, коли вони розташовані перпендикулярно до падаючих на них сонячних променів. Проте сонце переміщається по небосхилу і стаціонарно встановлені панелі через це втрачають частину своєї ефективності. Щоб підвищити їх ефективність, використовують геліотрекери – спеціальні пристрої, які повертають панелі «слідом» за сонцем.

Сонячний геліотрекер призначений для постійного спостереження за сонцем при його русі. Маючи два крайніх положення Схід і Захід, трекер дозволяє максимально збирати сонячну енергію на прикріплені до нього сонячні батареї.

За даними Міжнародного журналу інженерної науки та інноваційних технологій (IJESIT) 2013, система з обертанням однієї осі може виробляти більше вольт, ніж встановлена панель.

У порівнянні з іншими проектами в області систем відстеження сонячної системи, цей проект має переваги, саме через надійність і безперервну хорошу продуктивність завдяки самоочищенню та годиннику реального часу (RTC). Крім того, результати будуть максимальними протягом усього часу завдяки сигналу зворотного зв'язку, методу самоочищення та обертанню однієї осі.

На рис. 3.1 показано продуктивність змонтованих та одноосьових панелей від 8:00 до 18:00 годин, проведених IJESIT.

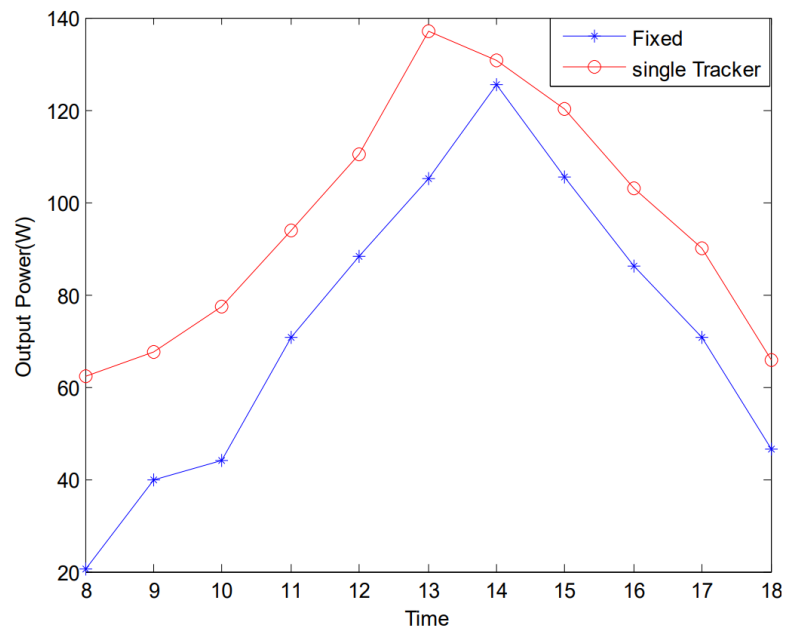


Рисунок 3.1 – Результат моделювання для порівняння фіксованого кріплення та одноосової системи відстеження

3.1.1 Архітектура та компоненти

На рис. 3.2 зображена принципова схема роботи системи, яка складається з двох підсистем.

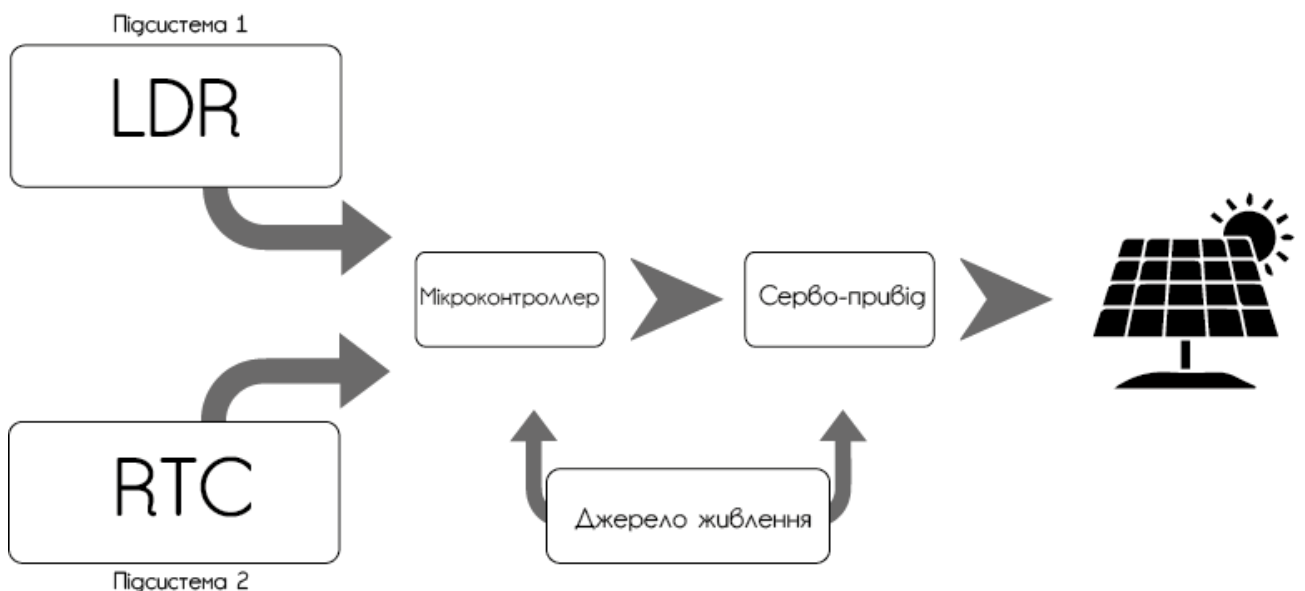


Рисунок 3.2 – Функціональна діаграма схеми

Це автоматичний одновісний сонячний трекер. LDR використовується для визначення напрямку сонячного світла. Напряга LDR вимірюється мікроконтролером і він посилає сигнали на схему драйвера двигуна, щоб

повернути сонячну панель у напрямку сонячного світла. Якщо в *підсистемі 1* стався збій, система почне рухатися завдяки *підсистемі 2*, використовуючи годинник реального часу (рис. 3.3).

У підсистемах 1 та 2 багато альтернатив, які були досліджені для практичного застосування, щоб досягнути кінцевої мети цього проекту, яка полягає в автоматизації підтримки панелі.

Підсистема 1: Датчики, панель та управління

- Опір фоторезистора безперервно змінюється
- На відміну від фоторезисторів, фотодіоди чутливі до температури і є односпрямованими.
- Фототранзистори вразливі до стрибків, та електромагнітної енергії.
- Полікристал має низьку ефективність і гірший естетичний вигляд.
- Тонка плівка має низьку ефективність і менш доведена
- Кроковий двигун має низьку ефективність і споживає значну потужність незалежно від навантаження.
- У крокового двигуна немає зворотного зв'язку для вказівки пропущених кроків.
- Кроковий двигун дуже нагрівається у високопродуктивних конфігураціях.

Підсистема 2: Типи годинників реального часу

RTC 1307 як варіант, але час від часу він дає похибку.

ISL 1208 як варіант, але він погано витримує температуру.

RTC 2324 як варіант, але він має дрейф у часі і його важко керувати за допомогою Arduino.

RTC 1302 як варіант, але це стара модель, яка погано витримує високі температури.

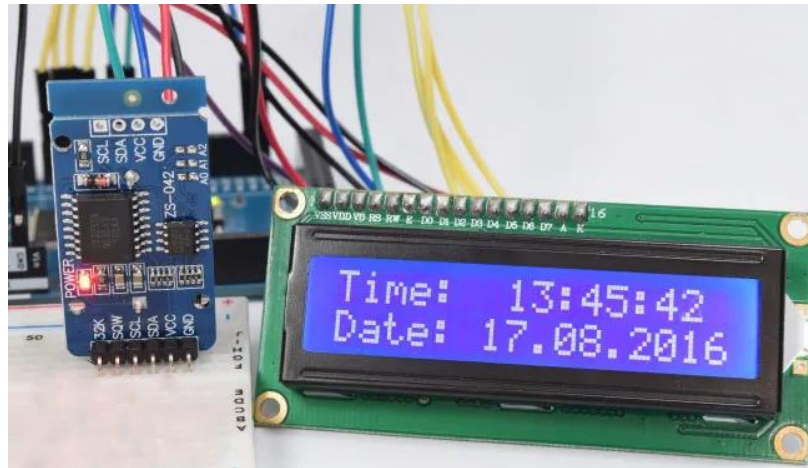


Рисунок 3.3 – Вивід інформації на екран з RTC та Arduino Mega

3.1.2 Принцип роботи

Цей проект розділений на дві фази: фаза підсистеми 1 та фаза підсистеми 2 (див рис. 3.2). Проект побудовано з використанням збалансованої концепції, яка порівнює два сигнали від різних датчиків.

В якості датчика освітленості був використаний фоторезистор (LDR). Два датчика прикріплені до панелі, що створить різницю в напрузі з одного боку датчика освітленості, якщо сонячна панель не перпендикулярна сонцю. Для схеми керування мікроконтролер Arduino Mega 2560 діє як мозок та який керує рухом двигуна.

Дані, що отримуються від датчиків поступають на оброблення до мікроконтролера. Він, у свою чергу, надсилає дані на серводвигуни, щоб переконатися, що сонячна панель перпендикулярна до Сонця. Сонячна панель, яка прикріплена до двигуна, буде реагувати відповідно до напрямку двигуна. У другій фазі до системи буде додано годинник реального часу (RTC), який працюватиме, коли LDR виходить з ладу або є зміни погоди, які заважають виявити LDR.

Принцип роботи даного трекера зображено на рис. 3.4.

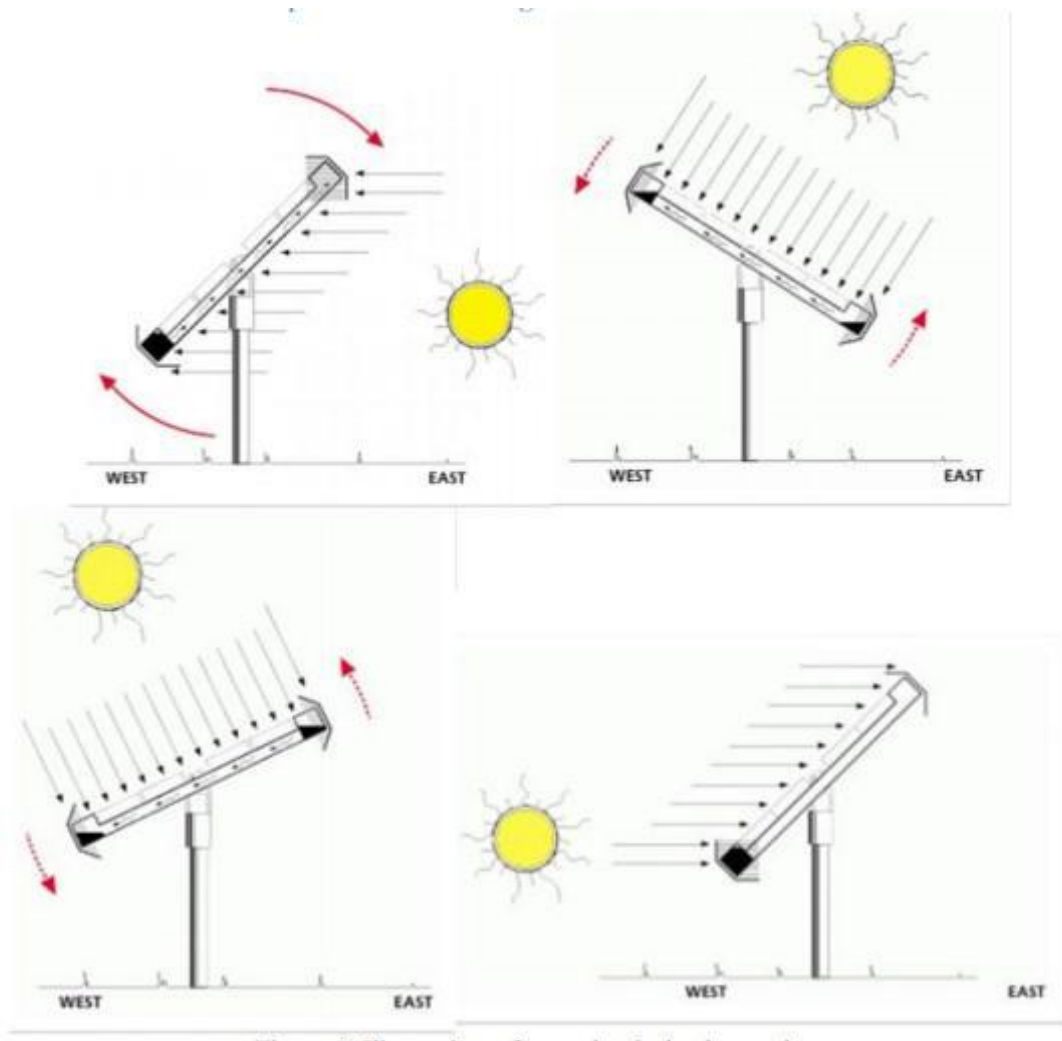


Рисунок 3.4. – Принцип роботи та експлуатація трекера

3.1.3 Реалізація проєкту

У цей проєкт входить проєктування та будівництво сонячного трекера на основі Arduino Mega. Ця система сонячного трекера використовує плату Arduino, серводвигун, 4 LDR, 4 резистори, годинник реального часу (RTC), щітки та монокристалічну панель для обертання сонячної панелі до сонця або джерела світла. У підсистемі 2 буде встановлений годинник реального часу (RTC) для переміщення панелі, коли LDR не функціонує належним чином.

У цьому проєкті було розглянуто багато альтернатив, таких як кроковий двигун і різні типи сонячних панелей. В якості альтернативи розглядалися датчики фоторезисторів, фотодіодів і фототранзисторів. Різні комунікаційні системи, такі як програмований логічний контролер (ПЛК) і мікроконтролери були ретельно вивчені. Розглянуто різні типи годин реального часу (RTC), але

кожен з них має свої особливості. Проте, той, який був обраний, найбільше відповідає кінцевій цілі цього проекту

У цьому проекті був обраний LDR, оскільки він не має полярності, і його легко взаємодіяти зі схемою, дешевий, надійний і описується високою спектральною чутливістю, так що різниця у високій інтенсивності відразу відображається зміною значення опору. Система RTC також була встановлена, щоб мінімізувати ризик виходу з ладу в LDR і змусити панель рухатися навіть при зміні погоди. Вибір серводвигунів обумовлений тим, що їх можна запрограмувати на заміну в разі відмови, і це є основною метою цього проекту.

Arduino Mega був обраний тому, що його просто запрограмувати і дешево купити. Детальніше з Arduino Mega 2560 можна ознайомитись у Додатку Д Схема розташування виводів Arduino Mega 2560.

При побудові системи відстеження сонячних променів LDR використовуються для визначення інтенсивності сонячного світла.

4 LDR підключені до контактів PA0–PA3 (22-25) на платі. Модель RTC 3231 DS обрана завдяки надійності та довговічності акумулятора. Він також стійкий до температури і може бути легко запрограмований для ідеального виконання вимог нашого проекту. Один серводвигун використовується для обертання, а інший є резервним.

Сервопривід, який використовується для управління циклом, пов'язаний з контактом PE5 та PG5 (3-4) на платі. Якщо планується використати сервопривід вагою більше 9 грамів, то Arduino, ймовірно, не зможе забезпечити його достатньою потужністю для досягнення повної можливості крутного моменту, і потрібно буде підключити сервопривід безпосередньо від власного джерела живлення 5 В. Коли світло падає на LDR, його опір відрізняється, і для отримання відповідного значення напруги з опору LDR використовується схема дільника потенціалу. Сигнал напруги надходить на мікроконтролер.

Створений на основі сигналу напруги, відповідний ШІМ-сигнал посилається на серводвигун, який змушує його обертатися і, нарешті, досягає положення, при якому інтенсивність світла, що падає на сонячну панель, є

максимальною. У цьому проекті кути розраховуються шляхом визначення того, який LDR знаходиться в тіні. Наприклад, якщо високе джерело знаходиться справа, відносно правого LDR, він отримає максимум світла, а лівий LDR буде в тіні. Переконайтеся, що ви підключили заземлення зовнішніх джерел живлення до Arduino GND, інакше сигнал керування ШІМ на сервопривід не працюватиме. Тепер ви можете завантажити свій ескіз на свій Arduino. Код програми наведено в додатку Е Програмний код сонячного трекера

Принципова схема роботи зображена на рис. 3.5.

Через відмінності між LDR, резисторами та опором використовуваного дроту, буде різниця між сигналом, отриманим від обох датчиків, навіть якщо вони отримують однакову кількість світла. Це враховується шляхом введення в розрахунок зміщення калібрування, це число потрібно буде відкоригувати у вашому коді відповідно до ваших налаштувань. Налаштуйте цей коефіцієнт калібрування там, де він оголошений у коді.

Найточніший спосіб визначити цей фактор — рівномірно посіяти світло між обома датчиками, а потім використовувати послідовний монітор на комп'ютері для зчитування значень, виведених східним і західним датчиками.

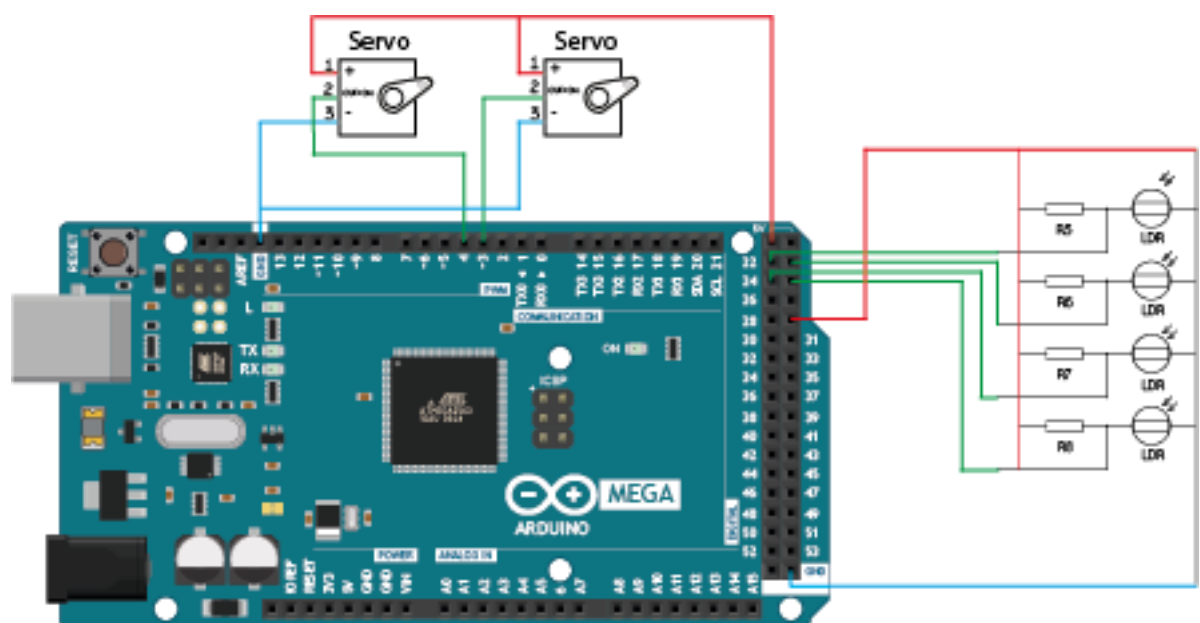


Рисунок 3.5 – Принципова схема роботи

3.1.4 Специфікація матеріалів та бюджет проєкту

Орієнтовний бюджет цього проєкту для однієї сонячної панелі становить 5000 грн. (табл. 3.1) Щоб забезпечити усі 350 панелей підстанції такою автоматикою, необхідні фінанси зростають до 1 млн. 750 тис. грн.

Таблиця 3.1 – Ціна матеріалів для системи однієї панелі

Назва компонента	Кількість	Ціна
Мікроконтролер	1	800 грн
Сервомотор	2	2200 грн
Макетна плата	1	200 грн
Резистори	4	25 грн
Проводи	1	25 грн
Фотодіоди	4	300 грн
Акумулятори	1	700 грн
Годинник реального часу	1	350 грн
Вал	1	400 грн
Всього		5000 грн

3.2 Проєктування системи очищення сонячних панелей

Основним завданням цього прототипу конструкції є очищення сонячної панелі за допомогою електричного механізму, таким чином, щоб підтримувати в належному стані ефективність сонячної панелі. Ручне очищення зазвичай забирає досить багато часу та зусиль. Тому, для забезпечення якості очищення в розробленій конструкції механізму будуть використовуватися розпилювачі води та спеціальний протиральний матеріал.

Актуальність цього проєкту обумовлена різким зниженням ККД сонячних фотоелектричних модулів через забруднення. Оскільки при ідеально чистій поверхні та номінальних умовах вироблення електричної енергії становить ~15–20%, будь-яке забруднення призводить до затінення частини поверхні сонячних елементів, що неминуче знижує поглинання ними сонячної енергії, а значить і кількість електроенергії, що виробляється. Тому дуже важливо, як

мінімум, підтримувати ККД на рівні номінального. Для цього потрібно не допустити потрапляння на поверхню панелей механічних частинок (піску, листя тощо). Або регулярно очищати поверхню від них.

3.2.1 Прототипи

Електрична енергія, вироблена фотоелементами, залежить від сонячного випромінювання, що падає на верхню частину панелі. Щоб максимально збільшити вплив фотоелектричних елементів на сонячне опромінення, сонячні елементи встановлюють на вулиці. У зовнішньому середовищі пил починає накопичуватися на поверхні фотоелектричних панелей і в результаті зменшує ефективне сонячне випромінювання, що потрапляє на поверхню фотоелектричних панелей. Подібним чином послід птахів, лід і шар солі на фотоелектричних панелях також перешкоджають сонячному опроміненню, що падає на сонячні панелі. Для вирішення цих проблем використовуються системи очищення фотоелементів. Серед різних типів технологій, що використовуються для чищення сонячних панелей, роботи з автономного очищення стали провідною технологією.

Роботи для автономного очищення ковзають по поверхні сонячної панелі і очищають сонячну панель за допомогою м'яких щіток, які не дряпають поверхню панелей. Голова кріпиться до моторизованих візків, які переміщують її по горизонталі. Вертикальний рух голови зазвичай контролюється системою з ремінним приводом. Досліджуючи різні типи технології очищення, можна виділити роботу дрона з щітками для сонячних панелей, Ecorpia E4, систем очищення Nomad.

• Прототип 1

Дрон з щіткою для сонячних панелей - це безпілотник, який пролітає дуже близько до поверхні сонячної панелі і очищає панель під тиском повітря і обережно натираючи її хвостом на поверхні панелі. Основною перевагою використання такого типу дронів є те, що дуже мала площа дрона знаходиться в безпосередньому контакті з панеллю. Це значно знижує ймовірність

пошкодження панелі. Дрон з щіткою для сонячних панелей зображений на рис. 3.6.



Рисунок 3.6. – Дрон з щіткою для сонячних панелей

• *Прототип 2*

Робот Есорріа використовує дещо іншу техніку для очищення сонячної панелі. У цій системі направляючі перила кріпляться над сонячними панелями, як показано на рис. 3.7. Рама направляючої огорожі може переміщатися горизонтально по поверхні масиву панелей. Для переміщення зверху вниз робот рухається по огорожувальній рамі. Робот оснащений змитаючими щітками з мікрофібри, що з'єднані з головою. Система має власну батарею, яка заряджається від власної сонячної батареї. Ця функція накопичення енергії дозволяє системі чистити панелі вночі. Крім того, системою можна також керувати через Інтернет.



Рисунок 3.7 – Система очищення Есорріа Е4

• *Прототип 3*

Системи очищення сонячних панелей використовують воду та горизонтальну щітку. Як показано на рис. 3.7, горизонтальна щітка прикріплена

до рухомого вузла системи. Ця щітка залишається в контакті з панеллю. Коли збірка системи рухається, вода розбризкує панелі водою і щіткою розтирає поверхню панелі, видаляючи бруд з поверхні панелі. Система очищення Nomad дуже схожа на систему Есорія. Основна відмінність між типами щіток, які обертаються на поверхні панелі. У системі Есорія по масиву рухається невеликий автомобіль, що містить щітки. Кілька шківів і двигунів керують рухом робота для очищення від сонячних променів. На відміну від системи Есорія, система Nomad не містить багато двигунів, ременів та шківів. Він містить лише два двигуни, які використовуються для переміщення щітки по горизонталі. Перила, на яких котиться щітка, зазвичай лежать за сонячними панелями, як показано на рис. 3.7. Коли вузол рухається горизонтально, щітка обертається навколо своєї осі круговими рухами. Рухаючись круговими рухами, пензлик проноситься по поверхні панелей, видаляючи пил. Система є повністю автоматизованою, якою можна дистанційно керувати та налаштовувати її для різних графіків прибирання.



Рисунок 3.7 – Система очищення Nomad

Переглядаючи ці три проєкти, було проведено порівняльне дослідження, щоб визначити та кількісно оцінити подібності та відмінності з моїм проєктом шляхом спостереження за комунікаціями, приєднаною системою водопостачання та переробкою води. Як видно з таблиці 1, мій проєкт

відрізняється від трьох попередніх проектів використанням Bluetooth як протоколу зв'язку замість Wi-Fi.

Крім того, мій проект має приєднану систему водопостачання, в якій є і другий, і третій попередні проекти. Фактично, єдиний попередній проект, який використовує систему рециркуляції води, подібну до нашої, - це другий попередній проект. Однак наш проект відрізняється наявністю всіх трьох категорій.

Таблиця 3.2 – Порівняння між трьома попередніми проектами та мою системою очищення сонячних панелей

Прототип	1	2	3	Мій прототип
Збір даних про вихідну потужність				+
Зв'язок та передача даних			Wi-Fi	Bluetooth
Приєднана система водопостачання		+	+	+
Переробка води		+		+

3.2.2 Архітектура, компоненти та підсистеми

На рис. 3.8 показані підсистеми, які відображають принцип роботи цього проекту.

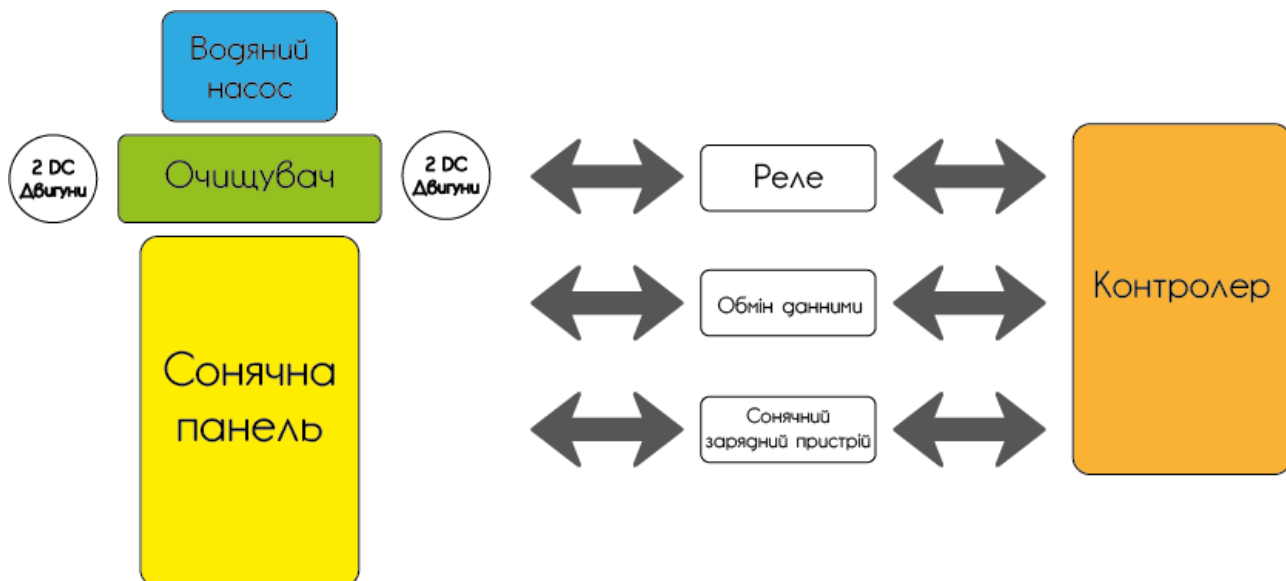


Рисунок 3.8 – Блок-схема роботи пристрою очищення

Є дві основні підсистеми: механічна, яка знаходиться по ліву сторону блок-схеми, та підсистема керування, яка показана посередині та праворуч блок-схеми. Механічна підсистема містить очищувач разом з двигунами постійного струму та підставкою, яка утримує сонячну панель разом із акумуляторною батареєю та водяним насосом. Підсистема управління містить реле, сонячний зарядний пристрій, модуль Bluetooth та мікроконтролер.

Підсистема зв'язку: Bluetooth та WIFI для запуску очищувача вручну.

Було вирішено використовувати Bluetooth замість WIFI, щоб запускати очищувач вручну. Таким чином, для зв'язку між контролером заряду та Raspberry Pi буде використовуватися аналог Bluetooth, щоб дані можна було читати з контролера MPPT.

Підсистема автоматичного управління: LDR, датчик пилу та аналіз даних для автоматичного запуску очищувача.

Я вирішив використати аналіз даних зчитування ефективності. Для цього будемо використовувати Raspberry Pi для збору даних з контролера заряду, після чого, прийняття рішення про очищення.

Підсистема живлення: сонячна панель 100 Вт.

Для нашого проекту достатньо сонячної панелі потужністю 100 Вт з вбудованою гелево-кислотною батареєю, робочі характеристики якої наведені в табл. 3.3. Фактично, система автоматизації споживає приблизно 50% акумулятора, при постійній роботі.

Таблиця 3.3 – Експлуатаційні характеристики сонячної геле-кислотної батареї.

Номінальна напруга	12 В
Кількість відділень	6
Термін служби	5 років
Номінальна потужність при 25°C	
20 робочих годин (3.4 А, 10.8 В)	68 А·год
10 робочих годин (6.5 А, 10.8 В)	65 А·год
5 робочих годин (11 А, 10.5 В)	55 А·год
1 робоча година (45.1 А, 9.6 В)	45,1 А·год

3.2.3 Розрахунок та принцип роботи

Потрібно розрахувати необхідну потужність для цієї системи, щоб визначити розмір необхідної батареї. Дані занесені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок щоденного споживання енергії

Споживач	К-сть, <i>шт</i>	Робота (<i>год/день</i>)	Напруга, <i>V</i>	Струм, <i>A</i>	Потужність, <i>Вт</i>	Спожита потужність <i>Вт · год / день</i>
ДС двигун	4	0,017	12	0,5	24	0,4
Водяний насос	1	0,017	12	1,6	19,2	0,32
Raspberry Pi	1	24	5	1,8	9	216
Контролер заряду	1	24	12	0,02	0,24	5,76
Всього спожито						222,48

Розрахувавши спожиту потужність системи на день, виявлено що вона споживає $222,5 \text{ Вт} \cdot \text{год}$ за день.

Розрахуємо споживчу потужність за годину.

$$\frac{222,5 \text{ Вт} \cdot \text{год}}{24 \text{ год}} = 9,27 \text{ Вт} \quad (3.1)$$

Однак, згідно з характеристиками (див. табл 3.3), акумулятор подає 10,8 В.

Розрахуємо споживання системи автоматизації.

$$\frac{9,27 \text{ Вт}}{10,8 \text{ В}} = 0,86 \text{ А} \quad (3.2)$$

Розрахуємо максимальне добове споживання.

$$\frac{65 \text{ А} \cdot \text{год}}{0,86 \text{ А}} \approx 75 \text{ год} \quad (3.3)$$

Розрахуємо загальну потужність, споживану системою автоматизації загальною ємністю акумулятора на день.

$$\frac{0,017 + 0,017 + 24 + 24}{75} \cdot 100 = 64\% \quad (3.4)$$

Система управління для цього проекту була поділена на три підсистеми: управління двигунами постійного струму, управління водяним насосом та управління відстеженням заряду, в якому кожна підсистема буде управлятися за допомогою Raspberry Pi.

Для контролю швидкості та напрямку DC двигунів +12В, Raspberry Pi 3 Model B+ був закодований, а потім підключений до драйвера двигуна. Однак виявлено, що необхідний контроль швидкості та напрямку руху може бути досягнутий шляхом заміни драйвера двигуна на два реле та паралельного підключення двигунів. Також така заміна допоможе знизити вартість цього проекту.

Система управління водяним насосом була розроблена лише за допомогою одного реле. В контрольному коді були випробувані різні часи, доки не виявлено, що 5 секунд цілком задовільняє умови.

Була розроблена схема управління двигуном постійного струму та водяним насосом за допомогою 4-канального реле SRD-05VDC-SL-C.

Принципова схема двигунів постійного струму та керування водяним насосом зображені на рис. 3.9.

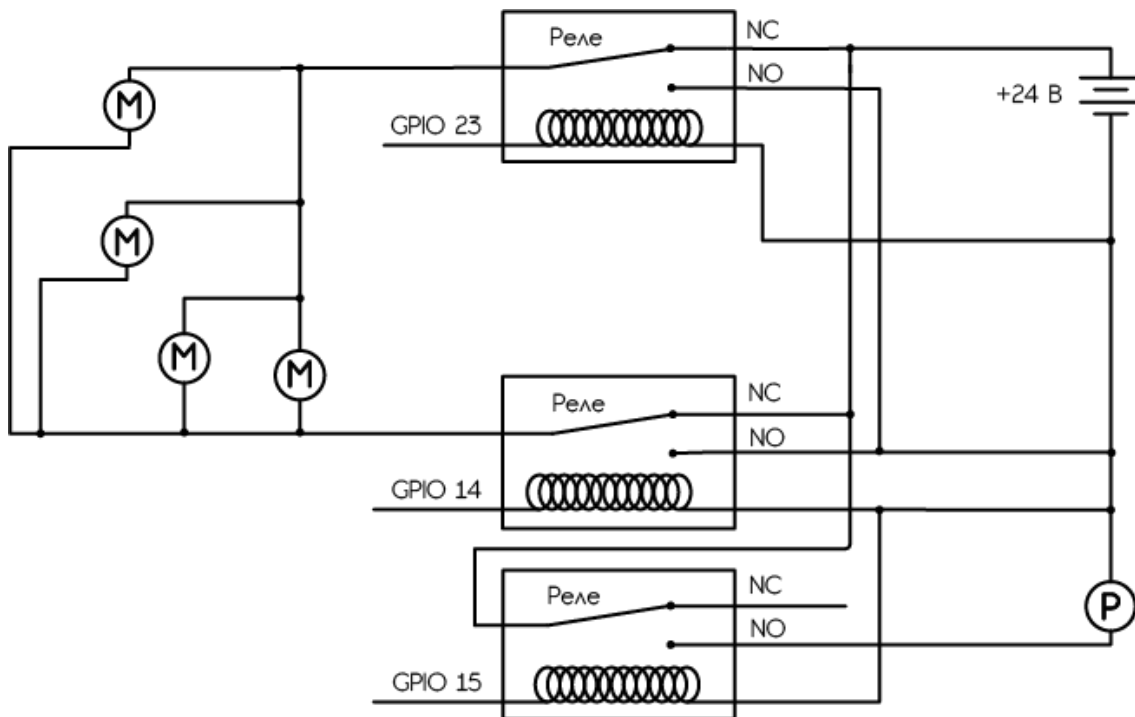


Рисунок 3.9 – Принципова схема двигунів постійного струму та управління водяним насосом.

Як показано на рис. 3.9, два реле керує чотирьма двигунами постійного струму (вперед і назад) і одне водяним насос (увімкнено або вимкнено).

Обраний контролер заряду Victron MPPT, який буде приймати рішення щодо прибирання. Шляхом видобування даних про потужність від контролера заряду до Raspberry Pi, напишемо код Python, який виявлятиме бруд на панелі на основі трьох факторів: визначення ефективної потужності, часу та погоди.

Алгоритм роботи зображено на рис. 3.10.

Ефективна потужність була заснована шляхом обчислення приблизних втрат, а потім порівняна з нашими сонячними характеристиками. Тому для сонячної системи існує 25% втрат, спричинених глобальним інцидентом нижче порогового значення, втратами опромінення, коефіцієнтом втрат забруднення, температурою, втратами якості та невідповідності. Таким чином, знаючи, що наша сонячна панель забезпечує пікову потужність 100 Вт, чиста сонячна панель дасть 75 Вт протягом корисних годин.

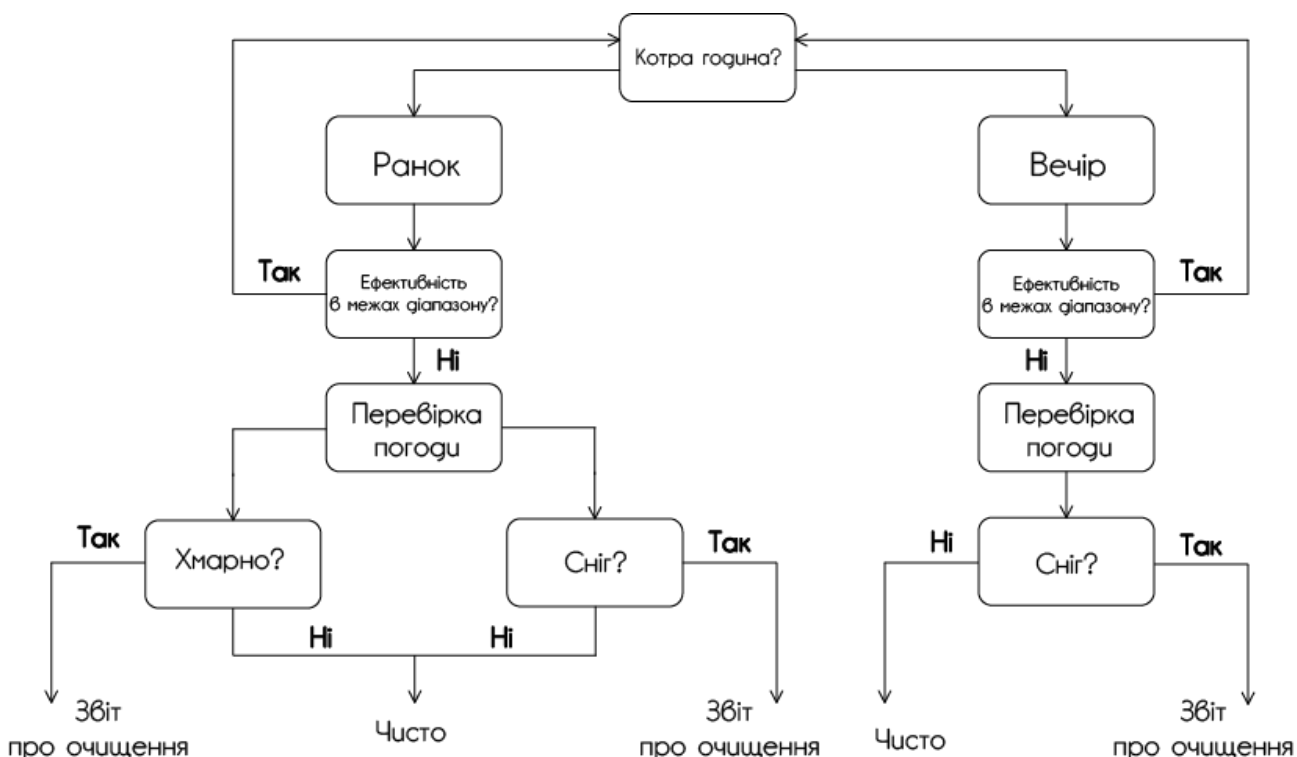


Рисунок 3.10 – Схема алгоритму очищення панелі

3.2.3.1 Регулювання швидкості двигунів постійного струму

Для контролю швидкості двигунів ми будемо використовувати Adafruit DC та кроковий двигун NАТ, які показані на рис. 3.10.

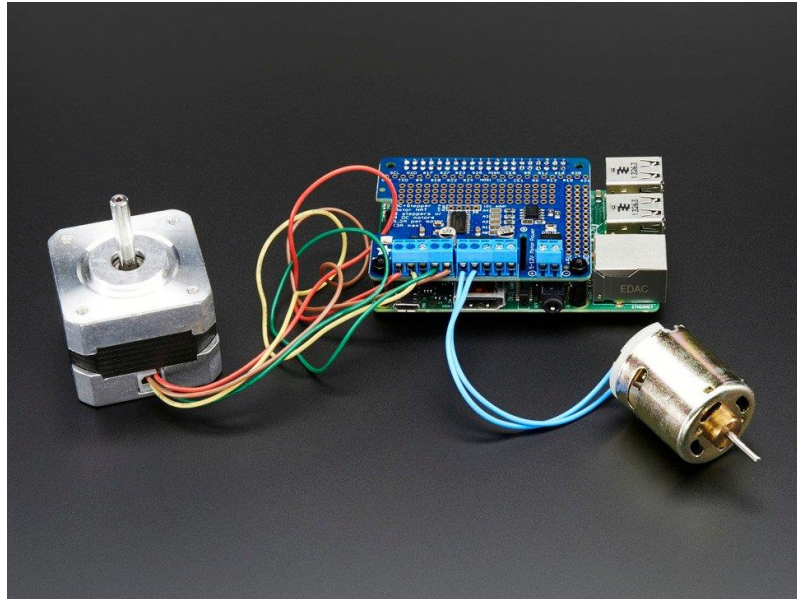


Рисунок 3.10 – Adafruit DC та кроковий двигун НАТ

Adafruit НАТ може управляти до 4-х двигунів постійного струму або 2-х крокових двигунів з повним регулюванням швидкості ШІМ. Двигуни управляються чотирма драйверами Н-Bridges ТВ6612 з струмом 1,2 А на канал і можливістю максимального струму 3 А з захистом від термічного відключення, внутрішніми діодами захисту від віддачі. Драйвер може керувати двигунами від 4,5 В до 13,5 В постійного струму. Після підключення 4-ох двигунів постійного струму до цього драйвера був написаний код для контролю швидкості та напрямку руху. Код керує двигунами. Це вдалося перевірити та довести, змінивши робочий цикл, що дозволяє мати три різні швидкості та два напрямки.

Вихідні дані коду наведено в Додатку Ж Програмний код очищення.

3.2.3.2 Сонячний контролер заряду Victron

Сонячний контролер заряду Victron (рис. 3.11) буде використовуватися для управління сонячною панеллю та акумулятором, являючись при цьому джерелом даних. Він відрізняється гнучким алгоритмом зарядки, захистом від перегріву та зменшенням потужності при високій температурі. Він надає користувачеві напругу та ефективність сонячної панелі в часовій області.



Рисунок 3.11 – Контролер сонячної зарядки Victron

Крім того, додавши VE.Direct Bluetooth Dongle, користувач може відображати дані в реальному часі та історію на смартфоні. Також ці дані будуть відслідковуватись та видобуватися за допомогою Raspberry Pi.

3.2.3.3 Втручання та видобуток даних Raspberry Pi

Для зчитування даних, що надходять із зарядного пристрою в Raspberry Pi, спочатку нам потрібно підключити VE.Direct Bluetooth Dongle. Фактично, дані, отримані контролером MPPT, є транзисторно-транзисторною логікою (TTL), що надається та пояснюється виробником. Тому майбутня робота для цього проекту - завершити це втручання між контролером MPPT та Raspberry Pi для прийняття рішення про очищення. Для реалізації фактору погоди, як було пояснено в алгоритмі раніше, необхідно використовувати відкритий API карти погоди. Це сервіс, який надає розробникам веб-сервісів та мобільних додатків дані про погоду, включаючи поточні дані про погоду, прогнози та історичні дані. Він надає API з кінцевими точками json, xml, html та обмеженим рівнем безкоштовного використання. Користувачі можуть запитувати поточну інформацію про погоду, розширені прогнози та графічні карти (із зображенням хмарності, швидкості вітру, тиску та опадів). Однак рішення про прибирання буде прийнято за показниками ефективності.

Розрахуємо річне виробництво сонячної енергії.

$$E = A \cdot r \cdot H \cdot PR, \quad (3.5)$$

де, A – площа поверхні панелі;

r – ефективність сонячної панелі;

H – середньорічна сонячна радіація;

PR – коефіцієнт втрат у системі поза мережею.

Згідно табл. 2.1, розрахуємо площу поверхні сонячної панелі.

$$A = 1,657 \text{ м} \cdot 0,996 \text{ м} = 1,65 \text{ м}^2, \quad (3.6)$$

Згідно табл. 2.1, ККД сонячної панелі (r) дорівнює 19,7%.

Коефіцієнт ефективності/коефіцієнт втрат (PR) становить 100 %, що становить мінус загальних втрат позамережевої системи, у яких він дорівнює 0,75.

Середньорічна сонячна радіація (H) в Україні зображена на рис. 3.12. У місті Тернопіль становить близько 1168 кВт/м^2 .

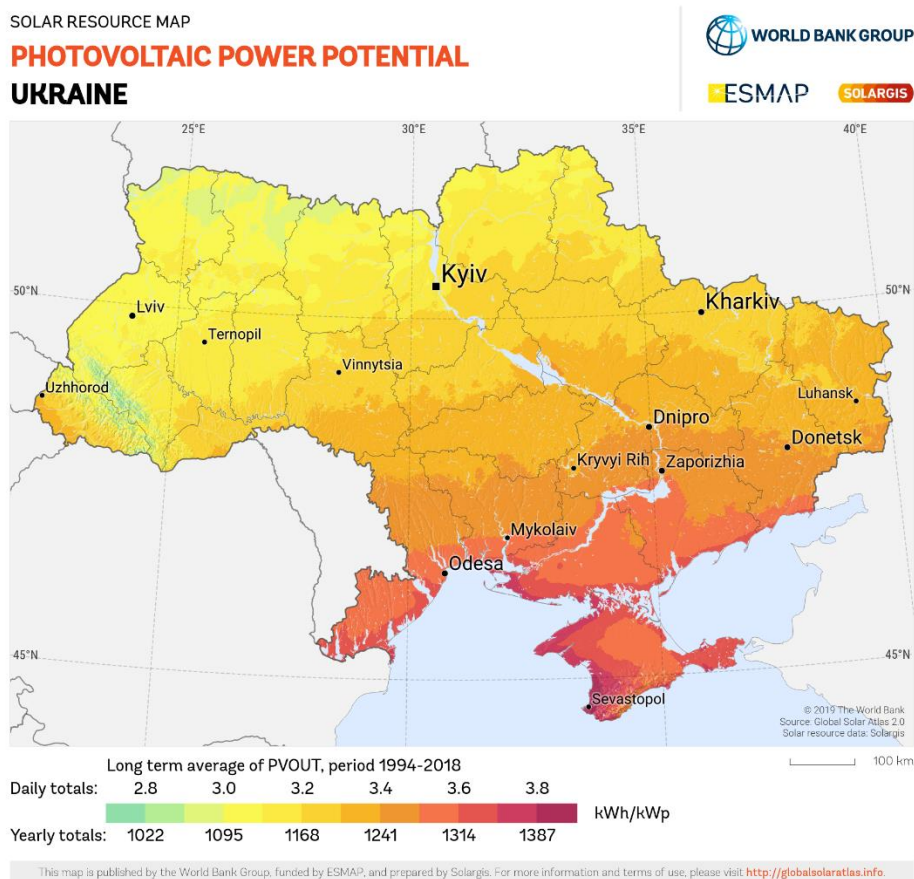


Рисунок 3.12 – Потенціал фотоелектричної енергії в Україні

За формулою (3.5):

$$E = 1,65 \cdot 0,197 \cdot 1168 \cdot 0,75 = 285 \text{ кВт}$$

Однак, застосовуючи нашу систему очищення, втрати забруднення (близько 10%) не будуть мати значення. Таким чином, загальні втрати позамережевої системи дорівнюватимуть 13,45%. Тому коефіцієнт втрат збільшиться, а відповідно і щорічне виробництво сонячної енергії.

3.2.4 Впровадження

На рис. 3.13 видно, як реалізована схема управління, яка була розроблена для двигунів та насоса. На рис. 3.14 показано підключення Raspberry Pi до системи.



Рисунок 3.13 – Підключення клем 4-х канального реле



Рисунок 3.14 – Підключення проводів до Raspberry Pi

Нарешті, після завершення апаратних з'єднань, був написаний контрольний код на Python за допомогою Raspberry Pi. Фактично, вхід/вихід загального призначення (GPIO) номер 15 був налаштований для управління водяним насосом, де для двигунів постійного струму були вибрані GPIO 23 та GPIO 14. Тим не менш, виявлено, що додавання 5 годин сну Python підходить для водяного насоса. Крім того, 1 час сну Python для руху двигунів вперед і 1,4

для руху назад. Таким чином, був реалізований сценарій, системи керування, наведений в Додатку Ж. Програмний код очищення.

3.2.5 Бюджетна оцінка проєкту

Орієнтовний бюджет цього проєкту наведений в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Ціна матеріалів

Пункт	К-ть	Вартість одиниці	Всього
Мікроконтролер	1	1000 грн	1000 грн
DC двигун	4	625 грн	2500 грн
Bluetooth модуль	1	600 грн	600 грн
Очищувач та виготовлення	-	1100 грн	1100 грн
Сонячний зарядний пристрій	1	1800 грн	1800 грн
Акум	1	2000 грн	2000 грн
Водяний насос	1	1000 грн	1000 грн
Всього			10000

3.3 Висновки до розділу 3

Метою проєкту було розробити та реалізувати невеликий прототип одновісного сонячного трекера з основними функціями стеження. Кінцевим результатом стала повна розробка такої системи з функціональністю, яка відповідала вимогам проєкту. Незважаючи на те, що проєкту вдалося створити пристрій з основними необхідними функціями, все ще існують значні недоліки та обмеження щодо продуктивності пристрою, як обговорювалося під час виконання проєкту. Ці обмеження можна подолати та покращити продуктивність пристрою в майбутньому.

Проєкт Системи очищення сонячних панелей мав на меті запропонувати краще рішення для підтримки сонячної ефективності. Основним завданням було розробити машину, яка може чистити сонячні панелі за допомогою відповідної

системи управління. Цей проект є розробленим прототипом для виходу на новий ринок, що розвивається.

Для проектування системи управління потрібно було вивчити конфігурації Raspberry Pi, кодування на Python і його втручання в електричні компоненти. Використання паяльних плат для реалізації розробленої схеми, апаратної проводки, реле та обладнання стало новим досвідом. При цьому проект реалізував бажаний дизайн із запланованим контролем та механізмом. Крім того, в систему було написано контрольний код для двигунів постійного струму та водяного насоса.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Ризики ураження електричним струмом

Електричний ризик, пов'язаний із неправильним підключенням, наприклад, з роз'ємами панелі до панелі, може призвести до серйозного удару, травми або значного пошкодження майна.

Робота на висоті та поблизу електрики, наприклад, на дахах або в стелі, становить серйозні ризики для працівників.

Існує серйозний ризик ураження електричним струмом від відкритих струмопровідних частин, таких як металеві рейки, оскільки вони можуть бути під напругою, якщо є несправність електричної установки.

Перед початком будь-яких робіт вимкніть та ізолюйте всю електроенергію, яка подається до майна на головному розподільному щиті, та вживайте заходів для запобігання повторного ввімкнення електроенергії під час роботи. Переконайтеся, що вдягнуті відповідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) і безпечно наближення до електрообладнання.

Виконайте оцінку ризику порожнини даху перед початком робіт, оглянувши простір стелі, щоб визначити інші небезпеки, які можуть становити ризики, такі як надмірне тепло, відсутність вентиляції або освітлення, небезпечні паразити, гострі предмети або азбестовмісні матеріали.

Навіть якщо живлення вимкнено, уникайте контакту з електричними кабелями та обладнанням, оскільки деякі кабелі – наприклад, лінії обслуговування споживачів та сонячні фотоелектричні системи (які мають кабелі живлення постійного струму) – все ще можуть бути під напругою. Будь-які виявлені пошкоджені електричні кабелі або обладнання повинні бути відремонтовані кваліфікованим працівником з електромонтажу. Оцінка ризику також може вимагати відокремлення цих джерел, включаючи вжиття заходів для захисту від випадкового перезавантаження.

Рекомендації перед початком електромонтажних робіт:

1) По можливості обов'язково знеструмлюйте об'єкт, на якому ведете роботи

Звучить як абеткова істина, але часто електромонтажники порушують це правило. У результаті монтаж під напругою, особливо без використання належного захисту, нерідко стає причиною електричних травм.

Важливо й те, як відключається електроживлення. Рекомендується відключати як усі фазові дроти, так і нейтральні. Сучасні захисні автомати мають зручні ручки керування, тому їх використовують для знеструмлення об'єкта. Нове покоління електриків стало відкидати рубильники, як громіздкі та архаїчні агрегати, припускаючи, що при напрузі до 1000 В вони взагалі не потрібні. Але таке зневажливе ставлення до рубильників докорінно неправильне. Наявність рубильника дозволяє підвищити рівень безпеки під час електромонтажних робіт. Рубильник надійніший у порівнянні із захисним автоматом (у якого можуть зварюватися контакти). Крім цього, наявність окремого перемикача, на який покладено лише одну функцію – відключення подачі електроенергії – виключає можливу плутанину та знижує вплив людського фактора.

2) Роботи під напругою повинні проводитися з використанням захисних засобів

Іноді знеструмити об'єкт, на якому ведуться роботи, абсолютно неможливо. Деякі електрики сподіваються на високу якість ізоляції проводів та беруться за їх ізольовані ділянки незахищеними руками. Але навіть якщо провід новий і на його ізоляції немає тріщин, ніхто не застрахований від того, що рука зісковзне на оголену ділянку дроту.

Для монтажу під напругою до 1000 В основним засобом захисту є спеціальні гумові рукавички, при напрузі понад 1000 В є допоміжним засобом. Якщо електромонтажні роботи проводяться при низьких температурах, рукавички з утеплювального матеріалу одягаються під гумові.

Інші поширені засоби захисту - діелектричний килимок, діелектричні калоші (менше 1000 В), діелектричні ботильйони (1000 В і вище), ізолюючі штанги. Монтаж слід вести інструментами із ізольованими ручками. При цьому

не допускається використання інструменту, у якого ручки насаджені на загострені кінці металевих частин.

Засоби захисту повинні обов'язково відповідати напрузі, під якою ведеться монтаж. Електроізолювані інструменти та засоби захисту обов'язково повинні проходити перевірку ізоляції у строки, встановлені нормативними документами (зазвичай щорічно). У жодному разі не користуйтеся інструментом і захисними засобами, за якими у вас є сумніви, наприклад, при огляді ви виявили тріщини, сколи або вибоїни.

3) Строго дотримуйтесь рекомендацій щодо вибору одягу для електромонтажних робіт

Наявність спецівок та касок, призначених саме для електромонтажних робіт – найважливіша вимога безпеки. Костюм для роботи під напругою 1 000 В і вище найчастіше має струмопровідні вставки або навіть весь виконаний з струмопровідного матеріалу. Якщо електромонтажник потрапить в електричний розряд, струм піде через спецівку в обхід його тіла.

Інша вимога до костюма електромонтажника – синтетичні матеріали при високій температурі, характерній для вольтової дуги, повинні не плавитися (розплавлена пластмаса потрапляє на шкіру та викликає сильний опік), а розщеплюватись (наприклад, обвуглюватись). У касках електромонтажників використовують діелектричні матеріали.

4) Враховуйте ризик отримати механічні та хімічні травми, термічні опіки

Еволюція професії електромонтажника відбувається у напрямі зменшення застосування нагріву, небезпечних механічних робіт та шкідливих хімічних речовин. Але сьогодні небезпека отримання опіків, механічних та хімічних травм ще зберігається. Тому не варто нехтувати засобами захисту (спеціальні окуляри, захисні щитки тощо).

5) Не працюйте з високою напругою поодинці

Поруч завжди має бути людина, здатна надати вам першу допомогу у разі ураження струмом. Якщо ви освоюєте професію електромонтажника, то перші кроки необхідно робити тільки під наглядом досвідченого фахівця.

6) Уникайте заплутаних переплетень проводів

Будь-яка плутанина та безлад у розміщенні проводів – джерело потенційної загрози для безпеки електромонтажника. Використовуйте кабельні стяжки скрізь, де це можливо, для отримання акуратного та красивого розведення кабелів.

7) Активно користуйтеся індикатором напруги

Проводи, до яких ви торкатиметеся голими руками, краще заздалегідь перевіряти дотиком індикатора напруги. Якщо він показує наявність небезпечної напруги, але ви припускаєте, що це лише струми витоку малої величини, не можна орієнтуватися тільки на припущення. Необхідно з'ясувати, з чим пов'язана поява напруги там, де її не повинно бути, усунути проблему і лише після цього продовжити роботу. Для мережі 220 (230) дуже зручна недорога індикаторна викрутка з неоновією лампою. Її переваги - відсутність батарейок і мінімальна ймовірність помилкового спрацьовування від випромінювання побутових електроприладів, що стоять поруч. Якщо ви вирішили придбати дорожчий електронний індикатор, то краще вибрати модель, в якій світлова індикація наявності напруги дублюється звуковою.

8) Ознайомтеся із планом електропроводки та проведіть пошук прихованих проводів

Перед свердлінням стіни ознайомтеся з планом розміщення електропроводки всередині приміщення, за його відсутності проведіть обстеження за допомогою приладу для виявлення прихованої електропроводки.

Ця рекомендація стосується будь-яких ремонтних робіт у будівлі. Але для електромонтажників вона особливо актуальна, адже їм доводиться свердлити саме поблизу розеток, вимикачів та іншого електрообладнання, де проходять дроти, вмуровані у стіну.

З точки зору електробезпеки кращі більш дешеві та прості прилади, що працюють на електростатичному принципі – вони дозволяють виявляти дроти, що знаходяться під напругою, але по них не протікає струм, наприклад, внаслідок обриву. Прилади, засновані на електромагнітному принципі, точніше знаходять місце проходження дроту, але визначають лише справні дроти. Найкращий варіант – комбінований прилад, що поєднує кілька методів виявлення проводів. Недоліком таких приладів є висока вартість та необхідність певної кваліфікації для користувача.

9) При паянні та зварюванні робоче місце має бути вільно від легкозаймистих конструкцій

При знаходженні легкозаймистих конструкцій у радіусі до 5 м необхідно накрити спеціальними захисними екранами.

10) Подбайте про якісне освітлення робочого місця

Після відключення подачі електроенергії на місці проведення електромонтажних робіт доводиться користуватися лише джерелами світла з автономним живленням. Практика підведення окремої лінії для освітлення об'єкта, де ведуться роботи, поширена частіше на великих проектах. Зазвичай використовується лобовий ліхтар на світлодіодах. Але для забезпечення безпеки потрібне загальне освітлення, достатнє для впевненої орієнтації електромонтажника в просторі. Роботи часто можуть проводитися в такий час і в такому місці, для яких природного освітлення буде недостатньо.

Ось чому електромонтажник повинен мати при собі не тільки лобовий ліхтар, що дає вузький пучок світла, але і досить потужний акумуляторний світлодіодний ліхтар. Освітленість повинна бути якомога рівномірнішою, ліхтар не повинен надавати сліпучої дії. Тому кращим варіантом буде ліхтар на SMD світлодіодах.

4.2 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)

Відповідно до схеми планування, територія будівництва СЕС не потрапляє ані до ареалів можливого підтоплення, ані до зон розповсюдження лісових порід, що мають властивості до просідання.

Згідно з п. 1.12 ДБН В.1.2-4:2019 на ділянках, визначених у детальному плані території можливе будівництво СЕС та можливе забезпечення безпеки обслуговуючого її персоналу за умови вжиття відповідних інженерно-технічних заходів цивільного захисту.

Евакуація - організоване виведення чи вивезення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження населення, якщо виникає загроза його життю або здоров'ю, а також матеріальних і культурних цінностей, якщо виникає загроза їх пошкодження або знищення.

Залежно від особливостей надзвичайної ситуації встановлюються такі види евакуації:

- 1) обов'язкова;
- 2) загальна або часткова;
- 3) тимчасова або безповоротна.

Рішення про проведення евакуації на місцевому рівні приймають районні державні адміністрації, відповідні органи місцевого самоврядування. На об'єктовому рівні - керівники суб'єктів господарювання.

У невідкладних випадках керівник робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, а в разі його відсутності - керівник аварійно-рятувальної служби, який першим прибув у зону надзвичайної ситуації, може прийняти рішення про проведення екстреної евакуації населення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження.

Для проведення планово-попереджувальних ремонтів та технічного обслуговування СЕС передбачається тимчасове перебування обслуговуючого персоналу. Постійне перебування працівників на СЕС не передбачається,

оскільки можливо здійснювати управління роботою СЕС в дистанційному автоматичному режимі.

Згідно з вимогами порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30.10.2013р. №841, у разі виникнення надзвичайних ситуацій, необхідно здійснювати евакуацію персоналу, який може тимчасово перебувати на території СЕС.

На СЕС не передбачено постійне перебування обслуговуючого персоналу. Згідно з технологічним регламентом передбачається проведення тимчасових плановопереджувальних ремонтів та технічного обслуговування установки, тому укриття обслуговуючого персоналу у протирадіаційному укритті на території СЕС не передбачається.

Проектування СЕС, які будуть розміщуватись на даній території, необхідно здійснювати з урахуванням вимог постанови Кабінету Міністрів України від 09.01.2014р. №6 “Про затвердження переліку об’єктів, що належать суб’єктам господарювання, проектування яких здійснюється з урахуванням вимог інженернотехнічних заходів цивільного захисту” та ДБН В.1.2-4:2019 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)».

Проектні СЕС забезпечені усіма необхідними заходами, що забезпечують безпечне функціонування об’єкта:

- організовані під’їзди до ділянки та внутрішні проїзди;
- інженерне забезпечення (електропостачання, водопостачання, каналізування);
- системою протипожежного захисту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Ризики ураження електричним струмом

Електричний ризик, пов'язаний із неправильним підключенням, наприклад, з роз'ємами панелі до панелі, може призвести до серйозного удару, травми або значного пошкодження майна.

Робота на висоті та поблизу електрики, наприклад, на дахах або в стелі, становить серйозні ризики для працівників.

Існує серйозний ризик ураження електричним струмом від відкритих струмопровідних частин, таких як металеві рейки, оскільки вони можуть бути під напругою, якщо є несправність електричної установки.

Перед початком будь-яких робіт вимкніть та ізолюйте всю електроенергію, яка подається до майна на головному розподільному щиті, та вживайте заходів для запобігання повторного ввімкнення електроенергії під час роботи. Переконайтеся, що вдягнуті відповідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) і безпечно наближення до електрообладнання.

Виконайте оцінку ризику порожнини даху перед початком робіт, оглянувши простір стелі, щоб визначити інші небезпеки, які можуть становити ризики, такі як надмірне тепло, відсутність вентиляції або освітлення, небезпечні паразити, гострі предмети або азбестовмісні матеріали.

Навіть якщо живлення вимкнено, уникайте контакту з електричними кабелями та обладнанням, оскільки деякі кабелі – наприклад, лінії обслуговування споживачів та сонячні фотоелектричні системи (які мають кабелі живлення постійного струму) – все ще можуть бути під напругою. Будь-які виявлені пошкоджені електричні кабелі або обладнання повинні бути відремонтовані кваліфікованим працівником з електромонтажу. Оцінка ризику також може вимагати відокремлення цих джерел, включаючи вжиття заходів для захисту від випадкового перезавантаження.

Рекомендації перед початком електромонтажних робіт:

1) По можливості обов'язково знеструмлюйте об'єкт, на якому ведете роботи

Звучить як абеткова істина, але часто електромонтажники порушують це правило. У результаті монтаж під напругою, особливо без використання належного захисту, нерідко стає причиною електричних травм.

Важливо й те, як відключається електроживлення. Рекомендується відключати як усі фазові дроти, так і нейтральні. Сучасні захисні автомати мають зручні ручки керування, тому їх використовують для знеструмлення об'єкта. Нове покоління електриків стало відкидати рубильники, як громіздкі та архаїчні агрегати, припускаючи, що при напрузі до 1000 В вони взагалі не потрібні. Але таке зневажливе ставлення до рубильників докорінно неправильне. Наявність рубильника дозволяє підвищити рівень безпеки під час електромонтажних робіт. Рубильник надійніший у порівнянні із захисним автоматом (у якого можуть зварюватися контакти). Крім цього, наявність окремого перемикача, на який покладено лише одну функцію – відключення подачі електроенергії – виключає можливу плутанину та знижує вплив людського фактора.

2) Роботи під напругою повинні проводитися з використанням захисних засобів

Іноді знеструмити об'єкт, на якому ведуться роботи, абсолютно неможливо. Деякі електрики сподіваються на високу якість ізоляції проводів та беруться за їх ізольовані ділянки незахищеними руками. Але навіть якщо провід новий і на його ізоляції немає тріщин, ніхто не застрахований від того, що рука зісковзне на оголену ділянку дроту.

Для монтажу під напругою до 1000 В основним засобом захисту є спеціальні гумові рукавички, при напрузі понад 1000 В є допоміжним засобом. Якщо електромонтажні роботи проводяться при низьких температурах, рукавички з утеплювального матеріалу одягаються під гумові.

Інші поширені засоби захисту - діелектричний килимок, діелектричні калоші (менше 1000 В), діелектричні ботильйони (1000 В і вище), ізолюючі штанги. Монтаж слід вести інструментами із ізольованими ручками. При цьому

не допускається використання інструменту, у якого ручки насаджені на загострені кінці металевих частин.

Засоби захисту повинні обов'язково відповідати напрузі, під якою ведеться монтаж. Електроізолювані інструменти та засоби захисту обов'язково повинні проходити перевірку ізоляції у строки, встановлені нормативними документами (зазвичай щорічно). У жодному разі не користуйтеся інструментом і захисними засобами, за якими у вас є сумніви, наприклад, при огляді ви виявили тріщини, сколи або вибоїни.

3) Строго дотримуйтеся рекомендацій щодо вибору одягу для електромонтажних робіт

Наявність спецівок та касок, призначених саме для електромонтажних робіт – найважливіша вимога безпеки. Костюм для роботи під напругою 1 000 В і вище найчастіше має струмопровідні вставки або навіть весь виконаний з струмопровідного матеріалу. Якщо електромонтажник потрапить в електричний розряд, струм піде через спецівку в обхід його тіла.

Інша вимога до костюма електромонтажника – синтетичні матеріали при високій температурі, характерній для вольтової дуги, повинні не плавитися (розплавлена пластмаса потрапляє на шкіру та викликає сильний опік), а розщеплюватись (наприклад, обвуглюватись). У касках електромонтажників використовують діелектричні матеріали.

4) Враховуйте ризик отримати механічні та хімічні травми, термічні опіки

Еволюція професії електромонтажника відбувається у напрямі зменшення застосування нагріву, небезпечних механічних робіт та шкідливих хімічних речовин. Але сьогодні небезпека отримання опіків, механічних та хімічних травм ще зберігається. Тому не варто нехтувати засобами захисту (спеціальні окуляри, захисні щитки тощо).

5) Не працюйте з високою напругою поодинці

Поруч завжди має бути людина, здатна надати вам першу допомогу у разі ураження струмом. Якщо ви освоюєте професію електромонтажника, то перші кроки необхідно робити тільки під наглядом досвідченого фахівця.

6) Уникайте заплутаних переплетень проводів

Будь-яка плутанина та безлад у розміщенні проводів – джерело потенційної загрози для безпеки електромонтажника. Використовуйте кабельні стяжки скрізь, де це можливо, для отримання акуратного та красивого розведення кабелів.

7) Активно користуйтеся індикатором напруги

Проводи, до яких ви торкатиметеся голими руками, краще заздалегідь перевіряти дотиком індикатора напруги. Якщо він показує наявність небезпечної напруги, але ви припускаєте, що це лише струми витоку малої величини, не можна орієнтуватися тільки на припущення. Необхідно з'ясувати, з чим пов'язана поява напруги там, де її не повинно бути, усунути проблему і лише після цього продовжити роботу. Для мережі 220 (230) дуже зручна недорога індикаторна викрутка з неонову лампою. Її переваги - відсутність батарейок і мінімальна ймовірність помилкового спрацьовування від випромінювання побутових електроприладів, що стоять поруч. Якщо ви вирішили придбати дорожчий електронний індикатор, то краще вибрати модель, в якій світлова індикація наявності напруги дублюється звуковою.

8) Ознайомтеся із планом електропроводки та проведіть пошук прихованих проводів

Перед свердлінням стіни ознайомтеся з планом розміщення електропроводки всередині приміщення, за його відсутності проведіть обстеження за допомогою приладу для виявлення прихованої електропроводки.

Ця рекомендація стосується будь-яких ремонтних робіт у будівлі. Але для електромонтажників вона особливо актуальна, адже їм доводиться свердлити саме поблизу розеток, вимикачів та іншого електрообладнання, де проходять дроти, вмуровані у стіну.

З точки зору електробезпеки кращі більш дешеві та прості прилади, що працюють на електростатичному принципі – вони дозволяють виявляти дроти, що знаходяться під напругою, але по них не протікає струм, наприклад, внаслідок обриву. Прилади, засновані на електромагнітному принципі, точніше знаходять місце проходження дроту, але визначають лише справні дроти. Найкращий варіант – комбінований прилад, що поєднує кілька методів виявлення проводів. Недоліком таких приладів є висока вартість та необхідність певної кваліфікації для користувача.

9) При паянні та зварюванні робоче місце має бути вільно від легкозаймистих конструкцій

При знаходженні легкозаймистих конструкцій у радіусі до 5 м необхідно накрити спеціальними захисними екранами.

10) Подбайте про якісне освітлення робочого місця

Після відключення подачі електроенергії на місці проведення електромонтажних робіт доводиться користуватися лише джерелами світла з автономним живленням. Практика підведення окремої лінії для освітлення об'єкта, де ведуться роботи, поширена частіше на великих проектах. Зазвичай використовується лобовий ліхтар на світлодіодах. Але для забезпечення безпеки потрібне загальне освітлення, достатнє для впевненої орієнтації електромонтажника в просторі. Роботи часто можуть проводитися в такий час і в такому місці, для яких природного освітлення буде недостатньо.

Ось чому електромонтажник повинен мати при собі не тільки лобовий ліхтар, що дає вузький пучок світла, але і досить потужний акумуляторний світлодіодний ліхтар. Освітленість повинна бути якомога рівномірнішою, ліхтар не повинен надавати сліпучої дії. Тому кращим варіантом буде ліхтар на SMD світлодіодах.

4.2 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)

Відповідно до схеми планування, територія будівництва СЕС не потрапляє ані до ареалів можливого підтоплення, ані до зон розповсюдження лісових порід, що мають властивості до просідання.

Згідно з п. 1.12 ДБН В.1.2-4:2019 на ділянках, визначених у детальному плані території можливе будівництво СЕС та можливе забезпечення безпеки обслуговуючого її персоналу за умови вжиття відповідних інженерно-технічних заходів цивільного захисту.

Евакуація - організоване виведення чи вивезення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження населення, якщо виникає загроза його життю або здоров'ю, а також матеріальних і культурних цінностей, якщо виникає загроза їх пошкодження або знищення.

Залежно від особливостей надзвичайної ситуації встановлюються такі види евакуації:

- 1) обов'язкова;
- 2) загальна або часткова;
- 3) тимчасова або безповоротна.

Рішення про проведення евакуації на місцевому рівні приймають районні державні адміністрації, відповідні органи місцевого самоврядування. На об'єктовому рівні - керівники суб'єктів господарювання.

У невідкладних випадках керівник робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, а в разі його відсутності - керівник аварійно-рятувальної служби, який першим прибув у зону надзвичайної ситуації, може прийняти рішення про проведення екстреної евакуації населення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження.

Для проведення планово-попереджувальних ремонтів та технічного обслуговування СЕС передбачається тимчасове перебування обслуговуючого персоналу. Постійне перебування працівників на СЕС не передбачається,

оскільки можливо здійснювати управління роботою СЕС в дистанційному автоматичному режимі.

Згідно з вимогами порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30.10.2013р. №841, у разі виникнення надзвичайних ситуацій, необхідно здійснювати евакуацію персоналу, який може тимчасово перебувати на території СЕС.

На СЕС не передбачено постійне перебування обслуговуючого персоналу. Згідно з технологічним регламентом передбачається проведення тимчасових плановопереджувальних ремонтів та технічного обслуговування установки, тому укриття обслуговуючого персоналу у протирадіаційному укритті на території СЕС не передбачається.

Проектування СЕС, які будуть розміщуватись на даній території, необхідно здійснювати з урахуванням вимог постанови Кабінету Міністрів України від 09.01.2014р. №6 “Про затвердження переліку об’єктів, що належать суб’єктам господарювання, проектування яких здійснюється з урахуванням вимог інженернотехнічних заходів цивільного захисту” та ДБН В.1.2-4:2019 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)».

Проектні СЕС забезпечені усіма необхідними заходами, що забезпечують безпечне функціонування об’єкта:

- організовані під’їзди до ділянки та внутрішні проїзди;
- інженерне забезпечення (електропостачання, водопостачання, каналізування);
- системою протипожежного захисту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі здійснено розробку та впровадження надійної та енергоощадної системи електропостачання котеджного містечка з використанням сонячних панелей.

Котеджне містечко є споживачем, що належить до другої категорії електропостачання, зі встановленою потужністю 70 кВт.

Отримані наступні результати:

- проведено аналіз можливості впровадження сонячної підстанції на сучасному етапі розвитку;
- відповідно до здійсненого аналізу наявних та майбутніх споживачів електричної енергії, розраховано потужність станції з врахуванням можливого збільшення споживачів;
- для покращення надійності, враховано також і наявність автономного джерела електропостачання;
- на основі отриманих даних було розраховано та побудовано схему захисту підстанції комутаційними апаратами;
- для забезпечення автоматичного комерційного обліку на підстанції було прийнято рішення встановити лічильники які дозволяють вимірювати як активну так і реактивну складову потужності;
- задля подальшої можливої модернізації було прийнято рішення про реалізацію сучасного сонячного трекера побудованого на базі Arduino Mega 2650;
- щоб уникнути можливості забруднення поверхні сонячних панелей запропоновано реалізувати автоматичне очищення сонячних панелей, яке побудоване на базі Raspberry Pi 3 Model B+;

Запропоноване технічне рішення щодо встановлення сонячних панелей в електричних мережах 0,4 кВ дозволить оптимізувати електроспоживання в системі «електрична мережа – сонячна панель», та підвищити надійність системи електропостачання в цілому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ABB Formula A2 [Електронний ресурс] / ABB:SACE Formula. Технічний каталог . – Режим доступу: http://www.ep.ru/product/katalogs/ABB/05_SACE_Formula.pdf, вільний . – Заголовок з екрана.
2. Andriychuk, V. Research of energy potential of solar radiation in Ternopil [Текст] / V. Andriychuk, Y. Filyuk // Вісник Тернопільського національного технічного університету . – 2017 . - №1 . – С. 95-100
3. Бабюк, С.М. Проблеми та переваги інтеграції технологій відновлюваної енергії в енергосистему змінного струму [Електронний ресурс] / С. М. Бабюк, Я. В. Пліс // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей X міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів, Тернопіль, 24–25 листоп. 2021р. / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: Паляниця В. А., 2021. – Т. 2 . – С. 7-8
4. Встановлена потужність енергосистеми України на 10/2021 [Електронний ресурс] / Національна енергетична компанія Укренерго . – Режим доступу: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny/#10-2021>, вільний . – Заголовок з екрана . – Дата звернення: 11.11.2021
5. Гергега, С. Збільшення ефективності використання сонячних панелей [Текст] / С. Гергега, В. Коваль, Я. Філюк // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції, 8-9 червня 2017 року: збірник тез доповідей. – Тернопіль : Паляниця В. А., 2017. – С.202
6. Global Horizontal Irradiation [Електронний ресурс] / © 2020 The World Bank, Source: Global Solar Atlas 2.0, Solar resource data: Solargis. Solar resource maps of Ukraine . – Режим доступу: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/ukraine>, вільний . – Заголовок з екрана . – Дата звернення: 07.11.2021 . – Мова англ.
7. Global Solar Atlas [Електронний ресурс] : [веб-сайт] . – Електрон. текстові дані . – Режим доступу: <https://globalsolaratlas.info/map?c=49.511835,25.616684,11&s=49.513043,25.615>

- [137&m=site&pv=medium,180,29,115](#), вільний . – Заголовок з екрана . – Мова англ.
8. Гончар, Г. П. О возможности повышения гелиоэнергетического потенциала Украины [Текст] / Г. П. Гончар, Ю. С. Лапшин, О. А. Мадяр // Винахідник та раціоналізатор . – 2016 . – №3 . – С. 14-17
 9. Домашні СЕС в Україні: де збудували найбільше [Електронний ресурс] / Kosatka MEDIA . – Режим доступу:
<https://kosatka.media/uk/category/vozobnovlyemaya-energiya/analytics/domashnie-ses-v-ukraine-gde-postroili-bolshe>, вільний . – Заголовок з екрана
 10. Earth: a global map of wind, weather and ocean condition [Електронний ресурс] : [веб-сайт] . – Електрон. текстові дані // Режим доступу:
<https://earth.nullschool.net/#current/wind/surface/level/orthographic=-332.34,49.64,3373/loc=25.360,49.300>, вільний . – Назва з екрана . – Дата звернення: 19.10.2021. – Мова англ.
 11. Єлісеєва, О. К. Економіко-статистичний аналіз сонячної енергетики регіонів України [Текст] / О. К. Єлісеєва, П. В. Хазан // Статистика України . – 2016 . – №4 . – С. 51-58
 12. Игнатов, С. Оборудование для ВЭС и СЭС [Текст] / С. Игнатов // Электрик . – 2020 . – № 5/6 . – С. 42-47.
 13. Іме, А. Н Підвищення ефективності сонячних панелей шляхом використання водяного охолодження [Текст] / А. Н. Іме, В. П. Коваль // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 25-26 листопада 2020 року . – Тернопіль: ТНТУ, 2020 . – Том 2 . – С. 80–81. – (Електротехніка та енергозбереження)
 14. Коваль, В. Суміщене електропостачання від поновлювальних джерел енергії [Текст] / В. Коваль // Матеріали ІV Всеукраїнської науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки,

- приладобудування і комп'ютерних технологій», 2019 . – Тернопіль: Паляниця В. А., 2019 . – С. 294
15. Комбіновані фотоенергетичні системи [Текст] / Р. В. Зайцев, Г. С. Хрипунов, М. В. Кіріченко, А. В. Меріуц . – Харків : Бровін О. В., 2020 . – 322 с.
16. Comparison of Efficiencies of Single-Axis Tracking System and Dual-Axis Tracking System with Fixed Mount / S. Deepthi, A. Ponni, R. Ranjitha, R. Dhanabal [Електронний ресурс] // International Journal of Engineering Science and Innovative Technology. V-2. I-2. – 2013. – Мова англ.
17. Координати ПС [Електронний ресурс] / [Тернопільобленерго] . – Режим доступу : https://www.toe.com.ua/index.php/component/substation_geocoordinates/?districtId=16&type=0, вільний . - Дата звернення: 15.10.2021
18. Косянчук, Інна. За електрику вам ще й доплатять! [Текст] : люди вже оцінили вигідність "зелених" тарифів і активно встановлюють сонячні та вітроелектричні станції / І. Косянчук // Урядовий кур'єр . – 2016 . – 2 серп. – С. 7
19. Лічильник трифазний NIK 2307 електронний [Електронний ресурс] : основні характеристики / NIK . – Режим доступу: <http://nik.net.ua/ua/product/nik-2307-new>, вільний . – Заголовок з екрана
20. Nwaigwe, K.N. An overview of solar power (PV systems) integration into electricity grids / K.N. Nwaigwe, P. Mutabilwa, E. Dintwa // Materials Science for Energy Technologies. V-2. I-3. – 2019. – P.629-633 . – Мова англ.
21. Правила улаштування електроустановок [Текст] : видання офіційне / Міненерговугілля України . – Харків : Форт, 2017 . – 760 с.
22. Прилади фотоелектричні [Текст]: [пер. з англ.]. Ч. 4. Еталонні сонячні прилади. Процедури встановлення простежуваності калібрування (EN 60904-4:2009, IDT; ІЕС 60904-4:2009, IDT) . – Київ : УкрНДНЦ, 2019 . – 22 с. – (Національний стандарт України)
23. Савченко, О. О. Автономна сонячна електростанція для будинку ОСББ [Текст] / О. О. Савченко, Х. Р. Козак, Ю. Т. Федак // Теорія і практика будівництва . –

- Львів, 2018 . – № 888 . – С. 117-122 . – (Вісник/Національний університет "Львівська політехніка")
24. Семчев, Ю. Развитие солнечной энергетики на Украине [Текст] / Ю. Семчев // Электрик . – 2017 . – № 7-8 . – С. 22-24
25. Сонячна енергетика України [Електронний ресурс] / Вікіпедія . – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна_енергетика_України, вільний . – Заголовок з екрана . – Дата зверення: 28.10.2021
26. Сонячна енергія – це наше майбутнє! [Текст] : практ. посіб. з буд-ва соняч. електростанції для забезпечення електроенергією житлової будівлі. – Херсон : Грінь Д. С., 2016 . – 123 с.
27. Тарасевич, Н. Проблемы в развитии солнечной генерации в Украине и в мире [Текст] / Н. Тарасевич // Электрик . – 2021 . – № 10 . – С. 40-44.
28. Тарасенко, М. Г. Енергоефективність сонячних електростанцій в Україні [Текст] / М. Г. Тарасенко, К. М. Козак // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції, 8-9 червня 2017 року: збірник тез доповідей. – Тернопіль : Паляниця В. А., 2017. – С.230-232
29. Тарасенко, М. Енергоефективність акумулювання сонячної енергії в приватному секторі [Текст] / М. Тарасенко, Р. Гаврилишин // Матеріали XXI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року . – Тернопіль: ТНТУ, 2019 . – С. 127-128 . – (Електротехніка і світлотехніка, електроніка)
30. Transition of Ukraine to the Renewable Energy by 2050 / O. Diachuk, M. Chepeliev, R. Podolets, G. Trypolska and oth. ; edited by Y. Oharenko and O. Aliieva / Heinrich Boell Foundation Regional Office in Ukraine . – Kyiv : Art Book, 2017. – 88 p. - Режим доступу: https://ua.boell.org/sites/default/files/transition_of_ukraine_to_the_renewable_energy_by_2050_1.pdf, вільний . – Заголовок з екрана . – Мова англ.
31. Філатова К. С. Сонячна енергетика в Україні. Аналіз правил безпеки по встановленню та експлуатації сонячних батарей в приватних будинках [Текст] / К. С. Філатова // Матеріали Науково-практичної конференції "Якість і

- безпека: сучасні реалії", 02-03 березня 2017 р. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – С. 77-79.
32. Філюк, Я. Експериментальні вимірювання енергетичного потенціалу сонячного випромінювання [Текст] / Я. Філюк, В. Андрійчук // Матеріали ХХ наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 17-18 травня 2017 року: збірник тез доповідей . – Тернопіль: ТНТУ, 2017. - С. 176–177. – (Електротехніка та світлотехніка, електроніка)
33. Fronius SYMO 10.0-3-M [Електронний ресурс] : [datasheet] / Solar-Tech . – Режим доступу: https://solar-tech.com.ua/image/data/Instructions/inverters-ups-systems/On-grid/Fronius/SE_DS_Fronius_Symo_RU.pdf, вільний . – Заголовок з екрана
34. Photovoltaic Electricity Potential [Електронний ресурс] / © 2020 The World Bank, Source: Global Solar Atlas 2.0, Solar resource data: Solargis. Solar resource maps of Ukraine . – Режим доступу: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/ukraine>, вільний . – Заголовок з екрана . – Дата звернення: 02.12.2021 . – Мова англ.
35. Hager HA354 [Електронний ресурс] : [datasheet] / Hager . – Режим доступу: https://www.hager.ua/files/download/0/38076_1/0/HA354_Data_Sheet.pdf, вільний . – Заголовок з екрана
36. JA SOLAR JAM60S09 310-330/PR : [Електронний ресурс] : [datasheet] / Pvchange . – Режим доступу : <https://www.pvchange.com/mediafiles/pvchange/attachments/JAM60S09%20PR%20310-330.pdf>, вільний . – Заголовок з екрана . – Мова англ.
37. Які ціни на сонячні панелі зараз в Україні? (оновлено) [Електронний ресурс] / Джоуль . – Режим доступу: <https://joule.ua/blog/tsiny-na-soniachni-batarei-v-ukraini/>, вільний . – Заголовок з екрана. – Дата звернення: 17.10.2021